

Polish Academy of Sciences
University of Engineering and Economics in Rzeszów
University of Life Sciences in Lublin
Faculty of Production Engineering

MOTROL

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE**

**AN INTERNATIONAL JOURNAL
ON OPERATION OF FARM
AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY**

Vol. 16, No 5

LUBLIN – RZESZÓW 2014

Editor-in-Chief: *Eugeniusz Krasowski*

Assistant Editor: *Jerzy Grudziński*

Associate Editors

1. Agricultural machinery: *Valeriy Dubrovin*, Kiev, *Mariusz Szymanek*, Lublin
2. Machinery of agri-food industry: *Leszek Mościcki*, Lublin
3. Energetics: *Iliia Nikolenko*, Simferopol, *Janusz Wojdalski*, Warszawa
4. Land management, urban planning, architecture and geodesy: *Karol Noga*, Kraków, *Roman Kadaj*, Rzeszów, *Michał Proksa*, Rzeszów, *Lech Lichołaj*, Rzeszów
5. Mathematical, statistics: *Andrzej Kornacki*, Lublin, *Rostislav Bun*, Lviv

Editorial Board

Dariusz Andrejko, Lublin, Poland
Andrzej Baliński, Kraków, Poland
Volodymyr Bulgakow, Kiev, Ukraine
Zbigniew Burski, Lublin, Poland
Karol Cupiał, Częstochowa, Poland
Aleksandr Dashchenko, Odessa, Ukraine
Kazimierz Dreszer, Lublin, Poland
Valeriy Dyadychev, Lugansk, Ukraine
Konstantin Dumenko, Mykolayiv, Ukraine
Dariusz Dziki, Lublin, Poland
Stepan Epoyan, Kharkiv, Ukraine
Sergiy Fedorkin, Simferopol, Ukraine
Jan Gliński, Lublin, Poland
Dimitriy Goncharenko, Kharkiv, Ukraine
Aleksandr Hotubenko, Lugansk, Ukraine
L.P.B.M. Jonssen, Groningen, Holland
Stepan Kovalyshyn, Lviv, Ukraine
Józef Kowalczyk, Lublin, Poland
Volodymyr Krauchuk, Kiev, Ukraine
Petro Kulikov, Kiev, Ukraine
Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland
Andrzej Kusz, Lublin, Poland
Janusz Laskowski, Lublin, Poland
Nikołaj Lubomirski, Simferopol, Ukraine
Kazimierz Lejda, Rzeszów, Poland
Jerzy Merkiś, Poznań, Poland
Ryszard Michalski, Olsztyn, Poland
Aleksandr Morozov, Simferopol, Ukraine

Janusz Mystowski, Szczecin, Poland
Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland
Paweł Nosko, Lugansk, Ukraine
Gennadij Oborski, Odessa, Ukraine
Yurij Osenin, Lugansk, Ukraine
Marian Panasiewicz, Lublin, Poland
Sergiy Pastushenko, Mykolayiv, Ukraine
Iwan Rohowski, Kiev, Ukraine
Józef Sawa, Lublin, Poland
Vjacheslav Shebanin, Mykolayiv, Ukraine
Povilas A. Sirvydas, Kaunas, Lithuania
Volodymyr Snitynskiy, Lviv, Ukraine
Stanisław Sosnowski, Rzeszów, Poland
Ludvikas Spokas, Kaunas, Lithuania
Jarostaw Stryczek, Wrocław, Poland
Michał Sukach, Kiev, Ukraine
Aleksandr Sydorhuk, Kiev, Ukraine
Beata Ślaska-Grzywna, Lublin, Poland
Wojciech Tanaś, Lublin, Poland
Viktor Tarasenko, Simferopol, Ukraine
Giorgiy F. Tayanowski, Minsk, Bielarus
Leonid Tishchenko, Kharkiv, Ukraine
Henryk Tylicki, Bydgoszcz, Poland
Denis Viesturs, Ulbrok, Latvia
Dmytro Voytiuk, Kiev, Ukraine
Anatolij Yakovenko, Odessa, Ukraine
Oleg Zaitsev, Symferopol, Ukraine
Tadeusz Złoto, Częstochowa, Poland

All the articles are available on the webpage: <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/Teka-Motrol.html>

All the scientific articles received positive evaluations by independent reviewers

Linguistic consultant: *Iliia Nikolenko*
Typeset: *Natalia Stepanowa*, *Adam Niezbecki*
Cover design: *Hanna Krasowska-Kołodziej*
Photo on the cover: *Konstantin Dumenko*

© Copyright by Polish Academy of Sciences 2014
© Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszów 2014
© Copyright by University of Life Sciences in Lublin 2014

Editorial Office address

Polish Academy of Sciences Branch in Lublin
Pałac Czartoryskich, Plac Litewski 2, 20-080 Lublin, Poland
e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

Printing

elpil
Artyleryjska Str. 11, 08-110 Siedlce, Poland
e-mail: info@elpil.com.pl

ISSN 1730-8658

Edition 60+16 vol.

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Роман Чупин

Иркутский государственный технический университет,
 Адрес: ул. Лермонтова, 83 Иркутск, 66404
 e-mail: chupinVR@istu.irk.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования движения стоков в системах водоотведения кольцевой структуры. Такие системы имеют место при реконструкции и развитии систем водоотведения. Величины расходов стоков, которые распределяются по отдельным кольцующим коллекторам, предлагается определять на основе решения уравнений сохранения массы и энергии. В статье приведены эти уравнения для случаев напорного, напорно-безнапорного и безнапорного движения стоков, а также даны примеры расчетов всех этих случаев. Представлена методика определения расчетных расходов в кольцевых системах водоотведения, а также примеры расчетов по этой методике.

Ключевые слова: система водоотведения, коллектор, стоки, напорный и безнапорный режим, кольцевая сеть, расчетный напор

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании самотечной системы водоотведения общепринято принимать структуру сети в виде дерева, в которой вершины - абоненты, корень дерева - приемные резервуары очистных канализационных сооружений [1]. Такая структура сети эффективна при эксплуатации, экономична и не требует дополнительных систем управления потоками. Вместе с тем их надежность и безопасность не значительна. Любой засор на участке трубопровода приводит к выходу стоков на поверхность земли, нанося окружающей среде значительной экологический ущерб [2, 3]. При этом не всегда удаётся организовать перекачку стоков в другой коллектор или колодец, расположенный по

течению стоков. Поэтому, излив стоков на поверхность земли, может продолжаться до тех пор, пока засор не будет удален и аварийный трубопровод не будет запущен в эксплуатацию. В ходе развития городских территорий приходится решать задачи по увеличению мощностей и пропускных способностей коллекторов, что требует перекладки трубопроводов, устройства насосных перекачивающих станций и других мероприятий, направленных на нормализацию работы системы водоотведения в целом [4, 5]. Чаще всего для этого применяются кольцующие, разгрузочные коллектора. Конструкции таких коллекторов разнообразны и представлены на рис.1.

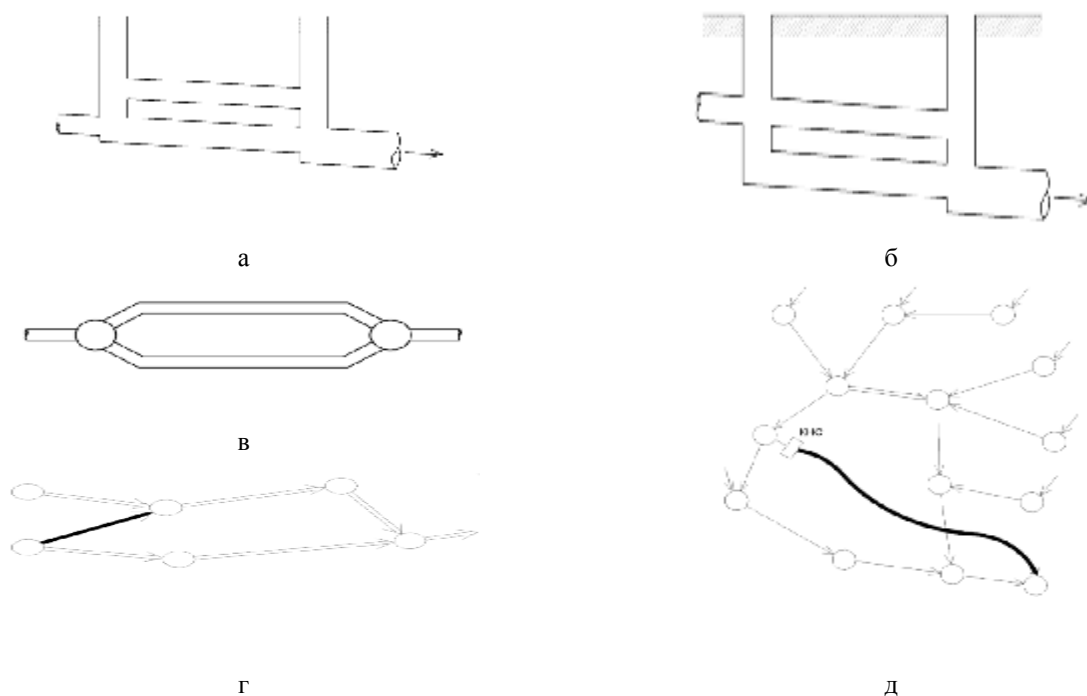


Рис 1. Схемы кольцующих коллекторов систем водоотведения: а), б)- вертикальная прокладка кольцующего коллектора; в)- горизонтальная прокладка кольцующего коллектора; г), д) - переброска стоков из одного бассейна канализования в другой, самотечным и напорным коллекторами

Fig 1. Charts of circular collectors of the sewage system: а - vertical gasket of circular collector; б- horizontal gasket of circular collector; г, д - a transfer of flows from one district of the sewage system in other, by without pressure collector and pressure collectors

Отдельные кольцевые трубопроводы могут быть как безнапорные, так и работающие в напорном режиме. Возможны случаи установки насосных станций перекачки стоков, параллельные напорные трубопроводы с каскадом насосных станций и др.

В существующей практике эксплуатации для управления потоками в кольцевых коллекторах применяют «шиберы» - устройства для уменьшения или увеличения сечения того или иного коллектора. Как правило, шиберы имеют ручной или полу автоматизированный принцип действия, но в современных условиях возможно и дистанционное управление ими. Для эффективного управления такими устройствами необходимо исследовать гидравлические особенности распределения потоков в кольцевых безнапорных и напорно-безнапорных системах водоотведения.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

В напорных кольцевых сетях распределение потоков подчиняется законам сохранения массы и энергии, и интерпретируется в виде аналога законов Кирхгофа. Задачи распределения потоков в напорных трубопроводных сетях исследованы, и имеется множество программных разработок, позволяющих оперативно определять потоки как по системе в целом, так и по ее отдельным фрагментам и элементам [1].

Очевидно, для напорно-безнапорных кольцевых коллекторов распределение потоков также будет подчиняться законам сохранения массы и энергии. В качестве примера рассмотрим систему водоотведения, состоящую из двух участков (рис. 2).

Допустим, что в колодец поступает сточная вода в размере Q (м³/с) и растекается по двум коллекторам. Уклоны, длины, диаметры коллекторов известны. Предположим, что на

участках 1 и 2 устанавливается напорный режим и в центральном колодце пьезометрический напор будет равен P (рис. 2а). При этом стоки после прохождения коллекторов будут изливаться в атмосферу, и дальнейшее их движение произойдет в безнапорном режиме. В этом случае расходы по коллекторам можно вычислить по формулам гидравлики как истечение жидкости из резервуара (колодца):

$$\begin{cases} P = Z_{k1} + Q_1^2 \cdot \left(\frac{1}{\mu^2 \cdot \omega_1^2 \cdot 2g} + S_{mp1} \right), \\ P = Z_{k2} + Q_2^2 \cdot \left(\frac{1}{\mu^2 \cdot \omega_2^2 \cdot 2g} + S_{mp2} \right) \end{cases} \quad (1)$$

где Z_k, Z_H - геодезические отметки дна коллектора в конце и в начале расчетного участка длиной l , S_{mp} - сопротивление трубопровода, вычисляемое по формуле $S_{mp} = \frac{0,08 \cdot \lambda \cdot l}{d^5}$; λ - коэффициент гидравлического трения трубопровода диаметром d (м), равный $\lambda = 0,11 \cdot (0,0001/d)^{0,25}$; μ - коэффициент расхода отверстия диаметром d , обычно $\mu = 0,62$, но в отдельных случаях принимается в пределах: 0,59–0,64; $\omega = \pi d^2 / 4$ - площадь поперечного сечения трубопровода.

Для решения системы уравнений (1) относительно неизвестных P ; Q_1 ; Q_2 добавим уравнение материального баланса:

$$Q_1 + Q_2 = Q, \quad (2)$$

и таким образом определим расходы по коллекторам и уровень стоков в центральном колодце.

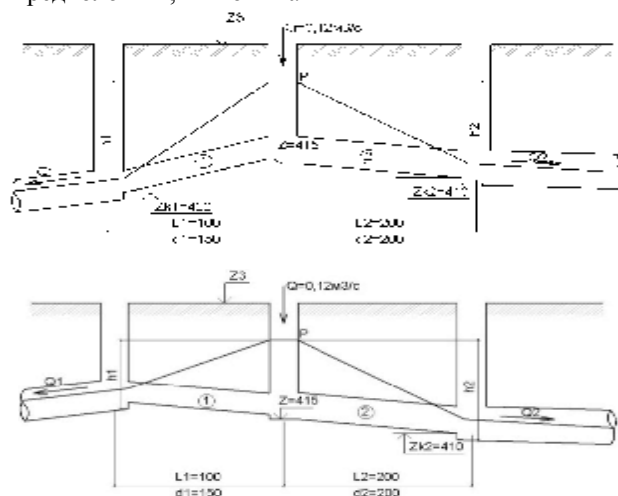


Рис 2. Определение расходов в кольцевых напорно-безнапорных коллекторах
Fig.2. Determination of charges in girdlings pressure and without pressure collectors

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Такие расчеты можно выполнить и для n коллекторов, отходящих от анализируемого колодца. В общем виде систему уравнений можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} P = Z_{H1} + Q_1^2 \cdot \left[\frac{0,215}{d_1^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^3} \right] \\ \dots \dots \dots \\ P = Z_{Hn} + Q_n^2 \cdot \left[\frac{0,215}{d_n^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_n \cdot l_n}{d_n^3} \right] \\ Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q. \end{cases} \quad (3)$$

Если $P > Z_3$ (Z_3 – отметка земли у начального колодца), то система водоотведения не пропустит расход Q , и часть стока будет выливаться на поверхность земли. Величину стоков, которые будут выливаться на поверхность земли, можно вычислить согласно методике, изложенной в работах [6].

Принимая величину напора равной отметке поверхности земли: $P=Z_3$, систему уравнений (3) можно представить следующим образом:

$$\begin{cases} Q_1 = \sqrt{\frac{(Z_3 - Z_{H1})}{\left[\frac{0,215}{d_1^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^3} \right]}}, \\ \dots \dots \dots \\ Q_n = \sqrt{\frac{(Z_3 - Z_{Hn})}{\left[\frac{0,215}{d_n^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda_n \cdot l_n}{d_n^3} \right]}}, \\ Q_{наз} = Q - (Q_1 + \dots + Q_n), \end{cases} \quad (4)$$

из которой можно определить расход стоков $Q_{наз}$, выходящий на поверхность земли.

Если $P - Z < d$, (Z – отметка дна начального колодца), то режим движения стоков будет безнапорным, в противном случае он может быть либо напорным, либо напорно-безнапорным.

Рассмотрим случай, когда в коллекторах устанавливается равномерное безнапорное течение стоков (рис. 3).

Для определения нормальной глубины h в коллекторах воспользуемся формулой, предложенной проф. М.И. Алексеевым [7], которая для указанного диапазона наполнений дает неплохие результаты:

$$\left(\frac{Q}{Q_n} + 0,22 \right) \frac{d}{1,34} = h, \text{ для } 0,25 \leq \frac{h}{d} \leq 0,9,$$

где Q_n расход стоков, транспортируемый в коллекторе полным сечением:

$$Q_n = 0,4 * d^{2,5} * i^{0,5} * C_{ш}, \quad i > 0, \quad (6)$$

$C_{ш}$ – коэффициент Шези, вычисленный для полного сечения; i и d уклон и диаметр коллектора. Для такого случая имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} P = Z_{H1} + (Q_1/Q_{1n} + 0,22) d_1/1,34 \\ P = Z_{H2} + (Q_2/Q_{2n} + 0,22) d_2/1,34 \\ Q_1 + Q_2 = Q \end{cases} \quad (7)$$

В (7) неизвестными величинами являются Q_1 и Q_2 , P .

Рассмотрим режимы движения стоков при вертикальной прокладке кольцевого коллектора (рис. 4). Для такого случая возможны следующие режимы течения стоков:

- напорный режим во всех коллекторах;
- напорный режим только в нижнем коллекторе;
- напорно – безнапорный режим в нижнем и верхнем коллекторах.

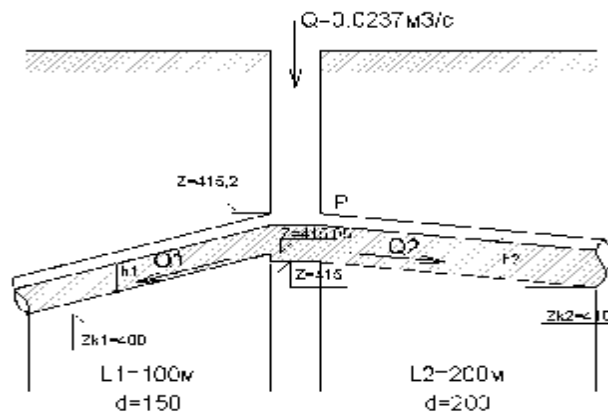


Рис. 3. Безнапорный режим равномерного течения стоков
Fig. 3. Without pressure mode of even flow of sewage flows

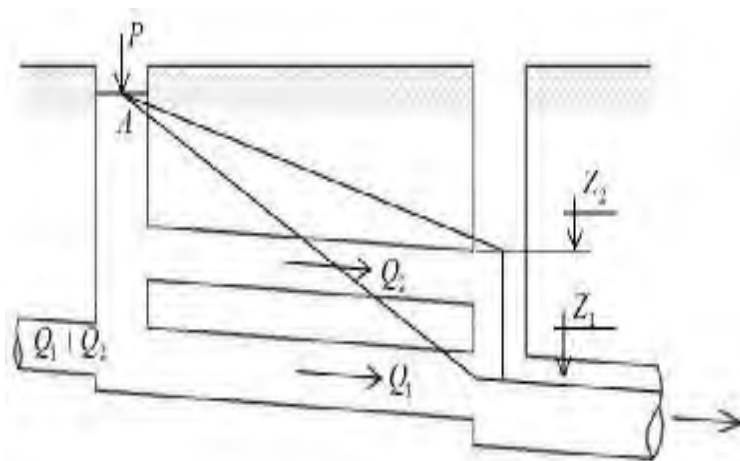


Рис.4. Расчет кольцевого вертикального коллектора в напорном режиме
Fig.4. A calculation of girdling vertical collector is in the pressure mode

В первом случае расходы по коллекторам можно определить согласно системе уравнений (3), (4). При этом напорный режим установится во втором колодце ($P_2 > Z_2$), и не будет свободного истечения в атмосферу, а распределение потоков между нижним и верхним колодцем будет подчиняться законам Кирхгофа. В этом случае при известной величине P_2 требуется решить систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^5} \cdot Q_1^2 = \frac{0,08 \cdot \lambda_2 \cdot l_2}{d_2^5} \cdot Q_2^2 \\ Q_1 + Q_2 = Q \\ P_1 = P_2 + \frac{0,08 \cdot \lambda_1 \cdot l_1}{d_1^5} \cdot Q_1^2 \end{cases} \quad (8)$$

Неизвестными величинами являются Q_1, Q_2, P_1 .

После вычисления P_1 можно определить режим течения стоков в верхнем коллекторе. Если окажется, что $P_1 > Z_2$, т.е. пьезометрический напор будет больше отметки земли у колодца, то произойдет излив стоков на поверхность земли. Вычисления в этом случае осуществляются согласно формулам (4).

В общем случае расчет необходимо начинать с проверки пропуска стоков по нижнему коллектору в напорном режиме:

$$P = Z_{K1} + Q^2 \left\{ \frac{0,215}{d_1^4} + \frac{0,08 \cdot \lambda \cdot l_1}{d_1^5} \right\}$$

Если $Z_{Н1} + d_1 < P < Z_{Н2}$, ($Z_{Н1}, Z_{Н2}$ – начальные отметки дна нижнего и верхнего коллекторов, Z_{K1}, Z_{K2} – конечные отметки дна нижнего и верхнего коллекторов), то весь расход будет транспортироваться по нижнему коллектору в напорном режиме.

Если $P < Z_{Н1} + d_1$, то движение стоков в нижнем коллекторе будет происходить в безнапорном режиме, и весь сток пройдет по нижнему коллектору.

Если $Z_{Н2} < P \leq Z_{Н2} + d_2$, то движение стоков будет происходить по двум коллекторам, по нижнему в напорном, по верхнему – в безнапорном режимах. Более подробно рассмотрим последний случай, который графически отображен на рис. 5.

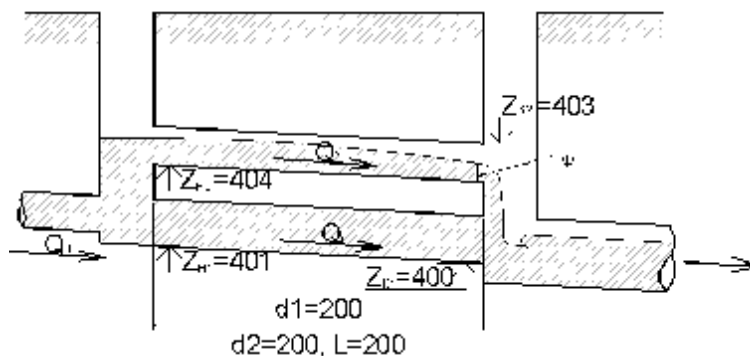


Рис. 5. Безнапорный режим в вертикальном кольцевом коллекторе
Fig. 5. Without pressure mode in a vertical girdling collector

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Очевидно, если $Q > Q_n$, то режим движения стоков будет напорным. Поэтому, после вычисления расходов можно их сопоставить с Q_n и определить коллектора и контура, которые будут работать в напорном режиме.

Исходя из вышеизложенного, для напорного и безнапорного коллекторов получим следующую систему **уравнений**:

$$\begin{cases} P = Z_{k1} + Q_1^2 * \left[\frac{0.25}{d_1^4} + \frac{0.08\lambda_1 * l_1}{d_1^5} \right], \\ P = Z_{k2} + \left(\frac{Q_2^2}{Q_n} + 0.22 \right) \frac{d_2^2}{1.33}, \\ Q = Q_1 + Q_2. \end{cases} \quad (9)$$

После определения расходов по коллекторам можно вычислить нормальную глубину в верхнем коллекторе и построить кривую свободной поверхности воды.

Таким образом, предлагаемые формулы гидравлики позволяют определять расходы стоков в кольцуемых коллекторах, работающих в напорном, безнапорном и напорно-безнапорном режимах.

Как уже отмечалось, надежность и безопасность систем водоотведения можно повысить за счет конструктивных решений, минимизирующих появления засоров и других неполадок, либо за счет организации кольцуемых коллекторов или устройства полностью кольцевых систем водоотведения. Такие мероприятия позволяют избежать отключения работающих коллекторов. С другой стороны увеличивают пропускную способность и повышают манёвренность системы водоотведения в целом. Вместе с тем, опыт проектирования и строительства кольцевых систем канализации не значительный по причине недостаточного исследования гидравлических, технико-экономических, эксплуатационных особенностей напорных и безнапорных кольцевых трубопроводных систем.

При напорном режиме движения стоков, также как и в кольцевых водопроводных системах, распределение потоков подчиняется законом сохранения массы и энергии. Особенностью для систем водоотведения является то, что напорный режим может привести к выходу стоков на поверхность земли. Для моделирования таких явлений задачу распределения потоков предлагается решать на расширенной, циклической схеме, в которой каждый колодец моделируется фиктивной ветвью, замыкаемой на узел с атмосферным давлением и действующими напорами, равными геодезическим отметкам колодцев [6]. При этом система уравнений – аналогов первого и второго законов Кирхгофа имеет следующий вид:

$$A \cdot q = 0 \quad (10)$$

$$A^T P = y; \quad y_i = h_i + Z_i \quad (11)$$

Здесь уравнения представлены в векторно-матричной форме. Уравнения (1) является условием материального баланса в узлах схемы; вектор q – расходы стоков по ветвям схемы. Уравнение (2) представляет связь между узловыми пьезометрическими напорами (P) через перепады (y) на участках сети, которые соответствуют сумме потерь напора (h) и действующих напоров (Z -отметок поверхности земли y колодцев) для активных и фиктивных ветвей. A – матрица соединений узлов и ветвей схемы. Ее размерность следующая: $A = \left| a_{ji} \right|_n^m$; m, n – количество узлов и участков схемы, $j = 1, \dots, m$; $i = 1, \dots, n$. Здесь $a_{ji} = -1$, если ветвь i направлена к узлу j ; $a_{ji} = 1$, если ветвь i исходит из узлу j ; $a_{ji} = 0$, когда узел j не принадлежит участку i .

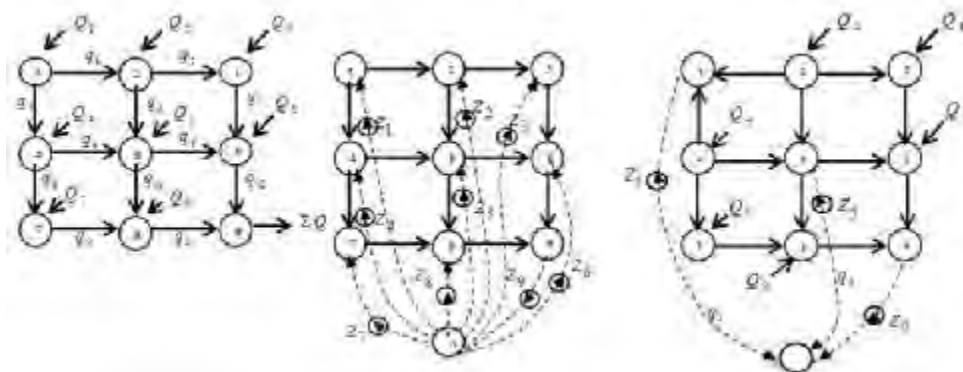


Рис. 6. Моделирование распределения потоков в напорных кольцевых системах водоотведения
 Fig. 6. A design of distributing of streams is in the pressure circular systems of the sewage system

Как и в методике, изложенной в работе [2], для кольцевых коллекторов предлагается схема последовательного и итеративного решения системы уравнений (10), (11) на основе циклической схемы с последующим анализом расходов на фиктивных ветвях. При этом если фиктивная ветвь будет направлена к узлу – «колодцу», то для этого узла сброс стока фиксируется Q_i и фиктивная ветвь из схемы удаляется. В итоге остаются ветви, на которых потоки направлены от колодцев к узлу с атмосферным давлением, а расходы на этих ветвях будут соответствовать величинам стоков, выходящих на поверхность земли. Если после таких расчетов фиктивных ветвей в расчетной схеме не останется, следовательно, и не будет выхода стоков на поверхность земли. На рис. 6 представлена исходная, циклическая схема напорного движения стоков в кольцевых системах водоотведения, а также результаты расчета. Согласно результатам расчета из колодцев 1, 5 стоки будут изливаться на поверхность земли и на ближайших к этим колодцам участках образуются противотоки. Следует отметить, что в кольцевых системах водоотведения при работе их в напорных режимах, потоки на ветвях могут меняться и быть направлены в противоположном направлении к уклонам трубопроводов, что очень важно учитывать при их

проектировании и эксплуатации. Заранее невозможно знать, будет ли напорный или безнапорный режим движения стоков. В любом случае расчеты начинаются с решения задачи (10), (11) на расширенной циклической схеме. В случае отсутствия выхода стоков на поверхность земли и образования противотоков, производится сопоставление расходов по участкам сети с расходами движения стоков полным сечением. Если для всех участков $q_i > q_{in}$, режим будет напорным и расчет считается законченным. Если для всех участков $q_i < q_{in}$, констатируется безнапорный режим. Для безнапорного движения стоков кольцевую сеть можно рассматривать как ориентированный граф, направление потоков в котором определено уклонами коллекторов. В этом случае распределение потоков определяется путем наращивания расходов, начиная от узлов, из которых только выходят потоки в направлении к узлу, в который только входят потоки (например, КОС). Для сети, представленной на рис.6 приведены этапы таких вычислений и проиллюстрированы на рис. 7. Вычислительный процесс организуется, начиная с узла 1 в направлении к узлу 9. При этом если из узла выходит два и более коллекторов, то величины расходов на этих коллекторах определяются согласно (7).

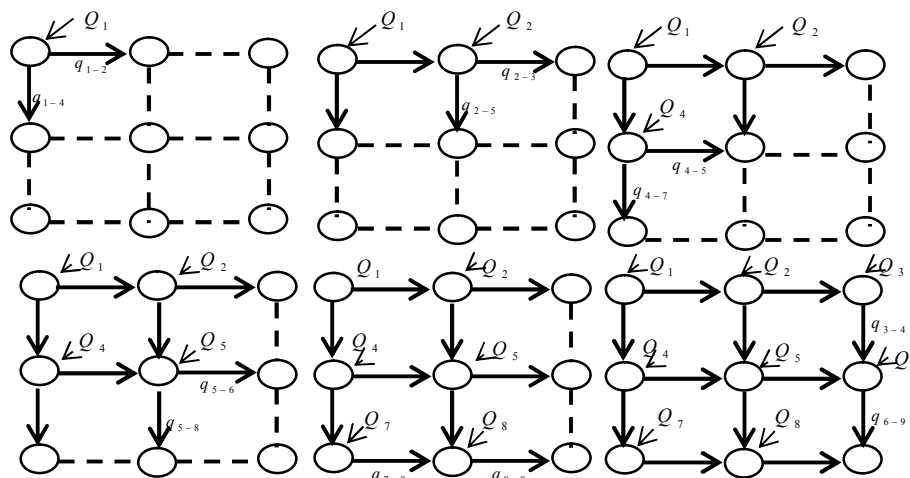


Рис.7. Вычисление распределения потоков в безнапорных кольцевых системах водоотведения
 Fig.7. Calculation of distributing of streams in without pressure circular systems of the sewage

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Для напорных безнапорных коллекторов распределение потоков осуществляется согласно (3). Расчет распределения потоков производится так же, как и для случая безнапорного движения стоков. Начиная от вершин исхода потоков, наращиваются расходы в направлении к узлам схода потоков. Обратным ходом корректируются значения напоров в колодцах и уточняются кривые сопряжения в начале и в конце расчетных участков. Если в узлах

схемы, из которых выходит несколько потоков, будет наблюдаться небаланс пьезометрических напоров, то производится корректировка расходов на выходящих участках и все вычисления повторяются. Причем корректировка расходов осуществляется в той же последовательности, как и прямой ход. В качестве примера, рассмотрим кольцевую систему водоотведения, состоящую из шести коллекторов (см. рис.8).

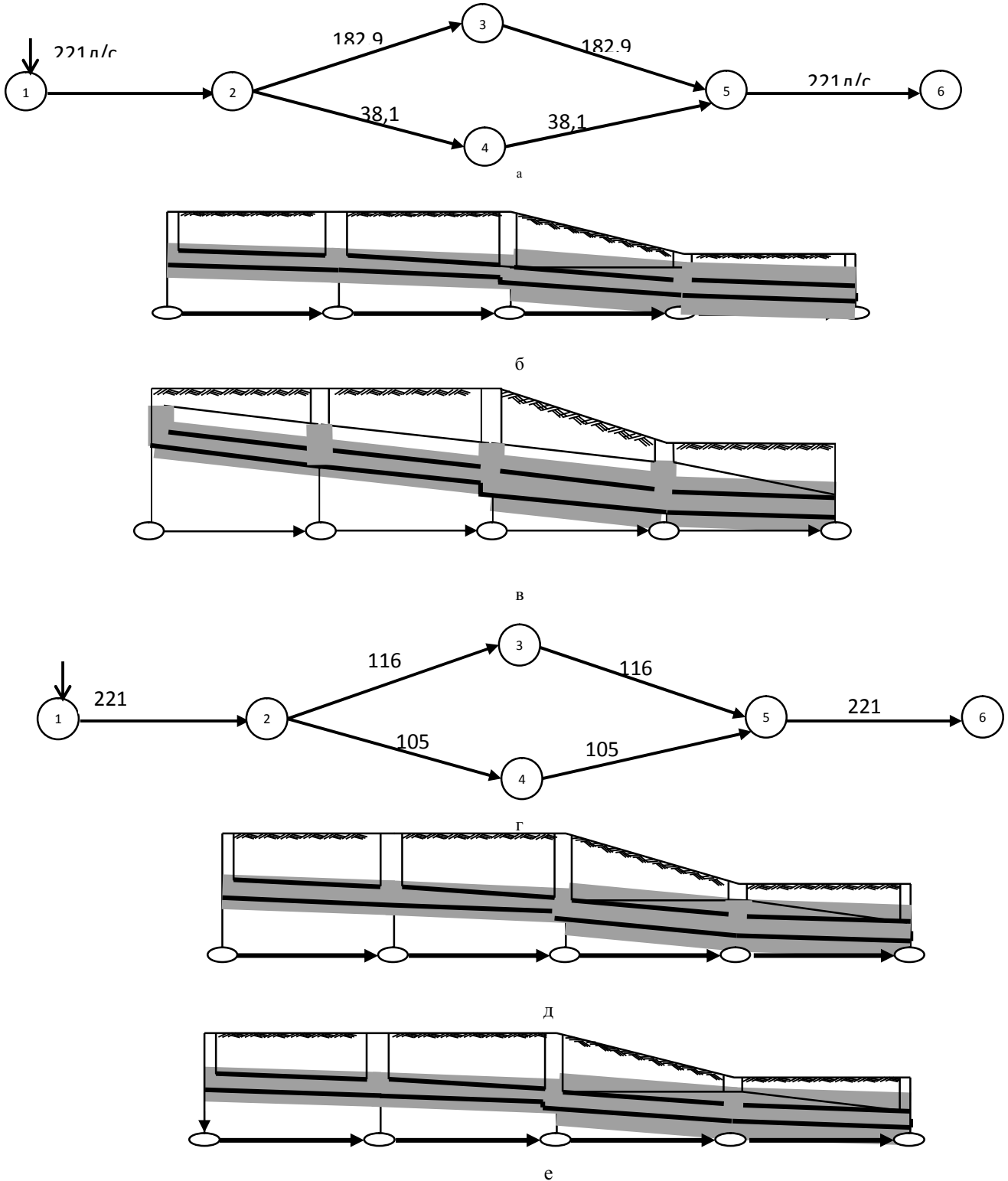


Рис 8. Распределение потоков в кольцевых системах водоотведения
Fig. 8. Distributing of streams is in the circular systems of the sewage system

После первой итерации прямого и обратного хода расходы по коллекторам, выходящим из узла 2, получились такими, как это показано на рис 8а., а профили, построенные по маршрутам: 1-2-3-5-6; 1-2-4-5-6 представлены на рис. 8б. и 8в. Из рис. 8б и 8в. видно, что в узле 2 возник небаланс пьезометрических давлений. С целью выравнивания давления в узле 2 корректируются расходы на ветвях 2-3 и 2-4. В итоге получаем значения расходов и пьезометрических давлений, представленных на рис 8г,д,е.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате выполненных исследований, предлагается методика расчета систем водоотведения кольцевой структуры. Данная методика позволит проектировщикам обосновывать параметры кольцуемых и разгрузочных коллекторов при решении задач реконструкции и развитии систем водоотведения. Для эксплуатирующих организаций она может быть полезная в системе диспетчерского управления при локализации аварийных ситуаций и оптимизации режимов транспортирования стоков. Используя полученные зависимости, можно моделировать движение стоков в системах водоотведения произвольной конфигурации и решать задачи развития и реконструкции с обоснованием параметров кольцуемых трубопроводов. В условиях автоматизации распределения потоков с помощью данной методики можно заранее рассчитать управляющие воздействия на «шиберные» устройства и вычислить последствия их открытия или прикрытия.

Следует отметить, что выход из строя любого участка сети (или группы участков) является случайным событием, также как и величины стоков, которые будут при этом изливаться на поверхность земли. В работах С.Ю.Игнатчика [8, 9] предложена методика определения таких параметров, основанная на статистических данных по интенсивностям отказов и восстановлений конкретной исследуемой системы водоотведения. Эту методику можно распространить и на кольцевые системы водоотведения [10]. Но надо учитывать тот фактор, что даже одна крупная авария может нанести такой значительный экологический ущерб, что любые затраты в повышение надежности сети могут быть оправданы.

Предлагаемая ниже методика определения расчетных расходов и параметров водоотведения

кольцевой структуры учитывает тот фактор, что при аварийном отключении любого расчетного участка, транспортируемые стоки не выйдут на поверхность земли, а будут перераспределяться по другим коллекторам и попадать на очистные сооружения. Этапы данной методики проиллюстрированы на рис. 9. Согласно предлагаемой методики, последовательно просматриваются узлы сброса и отвода стоков и анализируются варианты отключения участков, выходящих из данного узла. Например, из узла 1 исходят участки 1-2; 1-4 (см. рис. 9а.). При отключении участка 1-2, весь сток направляется по участку 1-4, и наоборот (рис. 9в., 9с.). Для некоторых узлов (например, 3,6,7,8), у которых только один исходящий участок, при его отключении, возникает потребность в организации противотоков по другим инцидентным участкам.

Обоснование параметров таких участков требует особого рассмотрения. Это могут быть участки с прямым уклоном, либо с параллельной вертикальной или горизонтальной прокладкой дополнительных коллекторов, либо с обратным уклоном. Выбор окончательного варианта требует технико-экономических и гидравлических расчетов. Если исходящих из анализируемого узла ветвей больше чем две, то расходы стоков распределяются по оставшимся ветвям пропорционально их количеству и их длинам.

При отключении любого аварийного участка расходы по оставшимся ветвям корректируются и наибольшие из них значения фиксируются. Таким образом, после обхода всех расчетных узлов, определяются максимальные расходы по расчетным участкам сети. Их значения для исследуемой схемы представлены на рис. 9, п и являются основой для определения оптимальных параметров транспортирующих сооружений.

Следует также отметить, что принцип деления потоков пропорционально количеству исходящих коллекторов и их длинам носит весьма условный характер. Как показали гидравлические расчеты [10], деление потоков в узлах разветвления схемы происходит пропорционально диаметрам исходящих коллекторов и их длинам и уклонам, а также в зависимости от длин путей ведущих от этого узла до узла сброса стоков на КОС. Для новых кольцевых систем водоотведения деление потоков и параметры коллекторов можно определить только путем последовательных приближений и решения задачи оптимизации параметров транспортируемых сооружений [11].

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

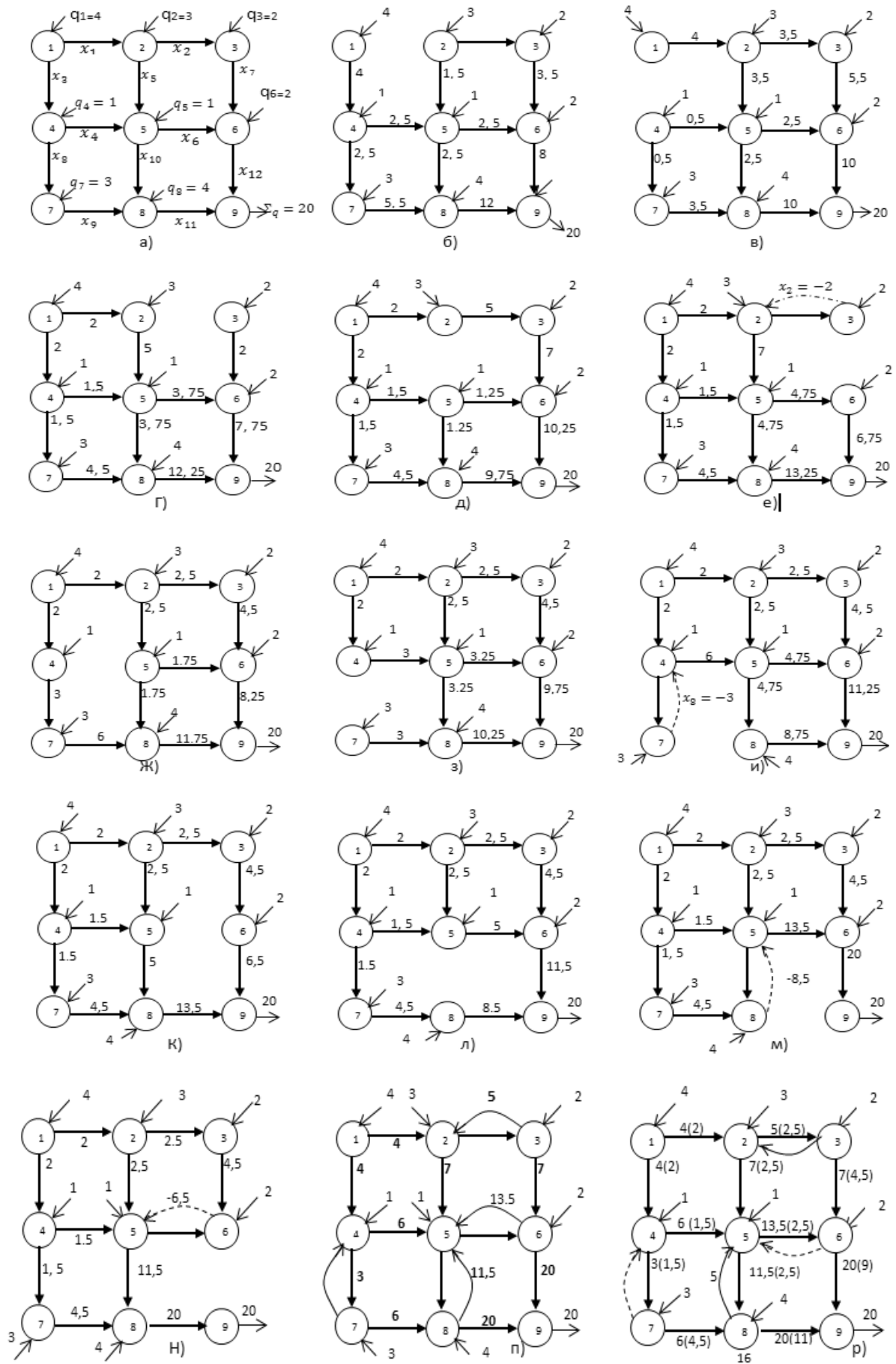


Рис. 9 Определение расчетных расходов в кольцевых системах водоотведения
 Fig.9. Determination of calculation charges in the circular systems of the sewage

Роман Чупин

Для исследуемой сети, состоящей из 12 узлов коллекторов). Для этих вариантов подобраны диаметры (колонка 6 табл. 3) и определены затраты исходя из расчетных расходов, полученных в результате анализа каждой аварийной ситуации. Эти диаметры и их стоимостные показатели предоставлены в таблице 1 (колонка 7). Так же рассмотрен вариант сети с кольцевой структурой без отклонения аварийных участков (потоки делились пропорционально количеству исходящих из

диаметры (колонка 6 табл. 3) и определены затраты (колонка 8, табл.1). Из анализа результатов, представленных в таблице 1 видно, что расчет сети с учетом аварий на каждом из участков сети приводит к увеличению стоимости прокладки сети в 2,5 раза (с 714 тыс. руб. до 1794,5 тыс. руб.).

Таблица 1. Расчет стоимости прокладки кольцевых систем водоотведения
Table 1. Calculation of cost of gasket of the circular systems of the sewage

№ участка	j уклон	lj, м	q _г ⁽¹⁾ м ³ /с	q _г ⁽²⁾ м ³ /с	При h/d =0,8		Стоимость прокладки без учета надежности тыс. руб	Стоимость прокладки с учетом надежности тыс. руб.
					d ⁽¹⁾ мм	d ⁽²⁾ мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	0,0001	100	0,002	0,004	170	220	21,5	56,0
2-3	0,0001	100	0,0025	0,005	190	240	34,0	80,0
1-4	0,0001	100	0,002	0,004	170	220	21,5	56,0
2-5	0,0001	100	0,0025	0,007	190	280	34,0	136,0
3-6	0,0001	100	0,0045	0,007	230	280	67,0	136,0
4-5	0,0001	100	0,0015	0,006	150	260	16,0	108,0
5-6	0,0001	100	0,0025	0,135	190	350	34,0	234,0
4-7	0,0001	100	0,0015	0,003	150	200	16,0	38,5
7-8	0,0001	100	0,0045	0,006	230	260	67,0	108,0
5-8	0,0001	100	0,0025	0,0115	190	330	34,0	206,0
8-9	0,0001	100	0,011	0,020	330	410	206,0	318,0
6-9	0,0001	100	0,009	0,020	300	410	164,0	318,0
Σ							714,0	1794,5

Таблица 2. Удельные стоимости (руб./ м) труб из ПВХ

Table 2. Specific costs (rub/m) of pipes from PVH

d, мм	150	170	190	220	230	240	260	280	290	300	330	350	370	410
3 уд. руб.	160	215	340	560	670	800	1080	1360	1500	1640	2060	2340	2620	3180

НАПОРНОЕ- БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

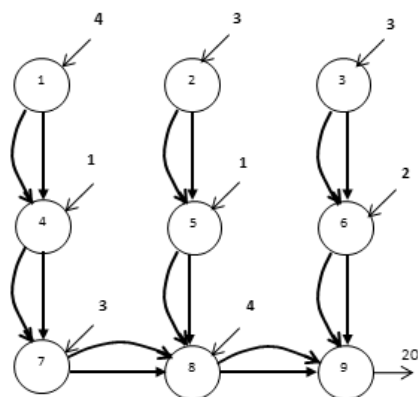


Рис. 10. Схема системы водоотведения с разветвленной структурой и параллельными коллекторами.
Fig. 10. Chart of the system of the sewage system with the ramified structure and parallel collectors.

Таблица 3. Расчет стоимости разветвленных систем водоотведения с параллельной прокладкой дополнительного коллектора
Table 3. Calculation of cost of the ramified systems of the sewage system with the parallel gasket of additional collector

№ участка	j уклон	l _j , м	q м ³ /с	d мм	Стоимость прокладки тыс. руб.	Стоимость с параллельной прокладки
1-4	0,0001	100	0,004	220	56,0	112
2-5	0,0001	100	0,003	150	16,0	32
3-6	0,0001	100	0,002	170	21,5	43
4-7	0,0001	100	0,005	240	80,0	160
5-8	0,0001	100	0,004	220	56,0	112
6-9	0,0001	100	0,004	220	56,0	112
7-8	0,0001	100	0,008	290	15,0	30
8-9	0,0001	100	0,016	370	262,0	514,0

Σ 562,5 1125,0

Другой вариант повышения надежности сети заключается в прокладке дублирующих коллекторов (см. рис.3).

Для такого варианта, подобраны диаметры и определена стоимость прокладки сети. Так же расчеты представлены в таблице 3. Стоимость такого варианта составила 1125 тыс. рублей.

ВЫВОДЫ

Следовательно, вариант с дублирующими участками получился значительно экономичнее, чем кольцевая структура системы водоотведения. Такой результат получен на тестовом примере, где все длины равны 100м и уклон 0,0001. В реальных условиях все может быть иначе. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо проводить технико-экономические и гидравлические сравнительные расчеты. Для этого требуется разработка методики оптимизации систем водоотведения кольцевой и разветвленной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубопроводные системы энергетики. Методы математического моделирования и оптимизации, 2010. Под ред. Н.Н. Новицкого. Новосибирск: Наука. – 419.
2. Saliev E., 2009. Ecological and economic problems of power saving up technologies' introduction in Ukraine. // MOTROL - №11В, 104 – 110.
3. Saliev E., Nikolenko I., 2012. The feasibility report on maintainability of the water and sewage system// MOTROL – Vol.14, №5, 119 – 124.
4. Saliev E., 2013. Reliability of the functioning of of the water and sewage system// MOTROL – Vol.15, №5, 53 – 60.
5. Зайченко Л., Лесной В., Попов А., 2013. Анализ неучтенных расходов воды в системе водоотведения// MOTROL – Vol.15, №5, 61 – 68.
6. Чупин Р.В., Мелехов Е.С., 2011. Развитие теории и практики моделирования и оптимизации систем водоснабжения и водоотведения. Иркутск: Изд. ИрГТУ. – 323.

7. Алексеев М.И., Кармазинов Ф.К., Курганов А.М., 1997. Гидравлический расчет сетей водоотведения. Часть 1. Санкт-Петербург. Изд.: СПб ГАСУ. – 128.
8. Игнатчик С.Ю., 2011. Расчет надежности, безопасности и инвестиционной эффективности сети водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. - №12, 57-67.
9. Игнатчик С.Ю., 2010. Обеспечение надежности и энергосбережения при расчете сооружений для транспортировки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - №8, 81 - 96.
10. Чупин Р.В., Бобер А.А., 2012. Повышение надежности проектируемых и реконструируемых систем водоотведения. // Вестник ИрГТУ. - №9, 111 - 119.
11. Чупин В.Р., Мелехов Е.С., Чупин Р.В., 2010. Напорное движение стоков в безнапорных коллекторах// Водоснабжение и санитарная техника. – №7, 15 – 24.

PRESSURE AND WITHOUT PRESSURE MOTION OF FLOWS IN SEWAGE SYSTEM WITH CIRCULAR STRUCTURE

Summary. In the article the questions design of motion of flows are considered in the systems of the sewage system with a circular structure. Such systems take place at a reconstruction and development of the sewage system. Sizes of charges of flows which are distributed on separate girdling collectors, it is suggested to determine on the basis of decision of equalizations of maintenance of mass and energy. In the article resulted equalization for the different cases of flows motion in the sewage system. The examples of calculations of all these cases are also given. The method of determination of calculation charges is presented in the circular systems of the sewage system. The examples of calculations are resulted on this method.

Key words: sewage system, collector, flows, pressure and without pressure mode, ring network, calculation pressure.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНО-МОНОЛИТНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Дмитрий Соловей, Сергей Шарапа

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Адрес: 03680, Украина, м. Киев, Воздухофлотский просп., 31
e-mail: el_zurdo@ukr.net

Аннотация: В статье представлен анализ основных объемно-планировочных и конструктивных решений современных многоэтажных каркасно-монолитных жилых зданий. Проведена статистическая обработка результатов. Обоснована возможность определения зависимостей параметров технологического процесса устройства несущих конструкций от параметров здания.

Ключевые слова: каркас, здание, параметр, фактор, распределение, статистика

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности возведения современных многоэтажных жилых зданий невозможно без постоянного совершенствования технологических процессов по устройству несущих конструкций. Анализ, оценка и обобщение особенностей объемно-планировочных и конструктивных решений, оказывающих существенное влияние на изменение параметров технологии возведения зданий позволяет более детально исследовать зависимости между конструктивными решениями и параметрами технологического процесса.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Анализу особенностей объемно-планировочных и конструктивных решений каркасно-монолитных многоэтажных жилых зданий посвящено несколько публикаций [2, 3, 5]. Анализ содержит данные о типичных объемно-планировочных и конструктивных решениях и современных принципах проектирования зданий. Однако на сегодняшний день недостаточно данных статистического анализа конструктивных параметров зданий для исследования технологии их возведения.

Методика проведения статистических исследований изложена в работах Вентцель Е.С. [1], Гмурмана В.Е. [4], и др. [9, 10].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Провести анализ, оценку и обобщение объемно-планировочных и конструктивных параметров современных каркасно-монолитных

многоэтажных жилых зданий, которые выступают в качестве факторов при определении организационных и технологических параметров процессов устройства монолитных конструкций.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ С РЕЗУЛЬТАТАМИ И ИХ АНАЛИЗОМ

На сегодняшний день в жилом строительстве наблюдается типизация объемно-планировочных и конструктивных решений с сохранением, по необходимости, индивидуального подхода к конкретным условиям строительства и требованиям заказчика. Наиболее распространенной конструктивной системой жилых многоэтажных зданий является монолитный каркас с монолитными дисками перекрытий. Каркас характеризуется ограниченным количеством вертикальных несущих конструкций в виде колонн и пилонов с пролетами и прогонами для обеспечения свободной планировки квартир.

Для выполнения поставленной задачи проведен осмотр 33-х современных многоэтажных зданий в Киеве и других городах. На основании полученных данных построены гистограммы распределения и проведен анализ и оценка основных геометрических, объемно-планировочных и конструктивных характеристик зданий, наиболее существенно влияющих на выбор параметров технологического процесса возведения. Характеристики, отобранные для анализа, приведены в табл. 1.

По этажности большинство зданий находится в пределах 16...25 этажей, при среднем значении 20 этажей. Весомую долю (43%) составляют здания высотой 20-25 этажей (рис. 1, а). Уменьшение частоты для зданий более 25 этажей объясняется отсутствием потребности в таких зданиях и нормативной базы [6, 7].

Таблица 1. Характеристики, влияющие на параметры технологического процесса
Table 1. Characteristics that the affect the parameters of technological process

Классификация характеристик		Формализация
Группы	Подгруппы	
Объемно-планировочные характеристики зданий	Количество этажей	n
	Длина здания	L
	Ширина здания	B
Конструктивные характеристики зданий	Высота этажа	h
	Расстояние между вертикальными опорами	l
Геометрические параметры конструкций	Толщина плиты перекрытия	t
	Продольный размер вертикальных опор	a_1
	Поперечный размер вертикальных опор	a_2

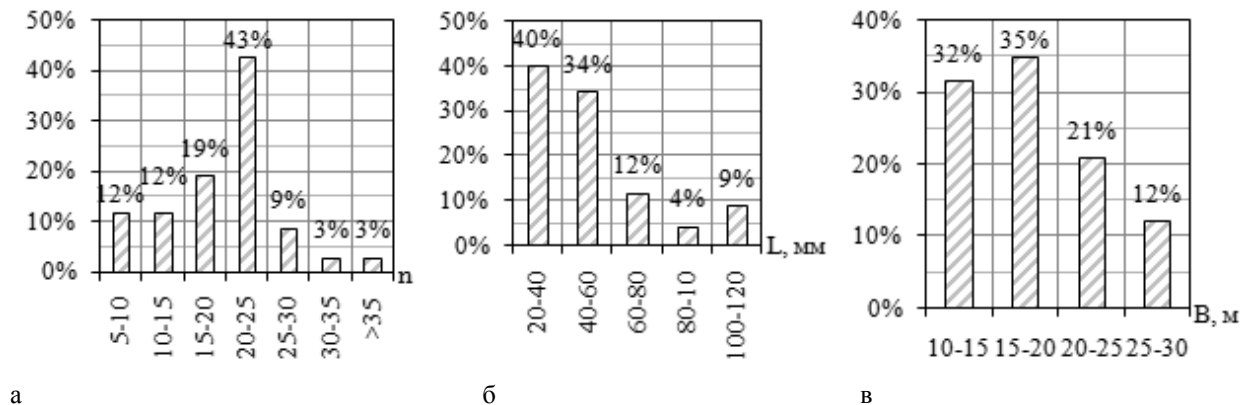


Рис. 1. Распределение объемно-планировочных характеристик:
а – количество этажей; б – длина здания, м; в – ширина здания, м
Fig. 1. The distribution of space-planning features:
а – number of storeys; б – length of buildings, m; в – width of buildings, m

Длина подавляющего количества зданий (74%) составляет от 20 до 60 м (рис. 1, б). Односекционные здания башенного типа имеют диаметр или наибольший размер в пределах 20...30 м. Ширина корпуса многосекционных зданий составляет 10...20 м (рис. 1, в).

Наиболее распространенными являются здания с высотой этажа в пределах 2,8...3 м, составляющие основную часть совокупности (74%),

менее распространенными является группа элитных зданий с высотой этажа в пределах 3,2...3,6 м (рис. 2, а).

Значения расстояний между вертикальными опорами находятся в пределах 3...10 м при среднем значении – 5 м (рис. 2, б).

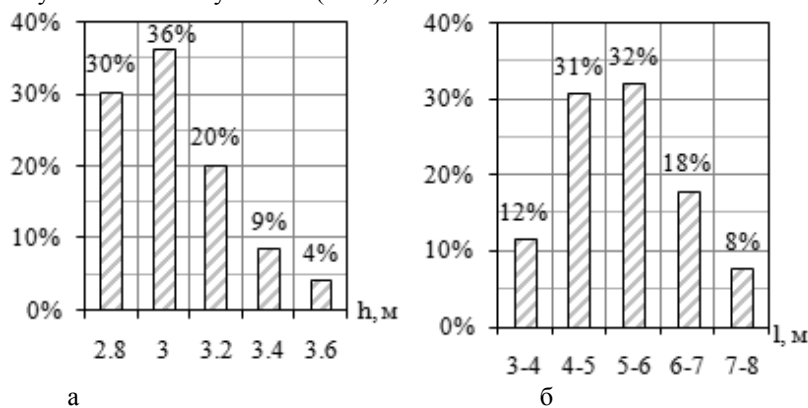


Рис. 2. Распределение конструктивных характеристик:
а – высота этажа, м; б – расстояние между вертикальными опорами, м
Fig. 2. The distribution of design characteristics:
а – floor-to-floor height, m; б – distance between vertical supports, m

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

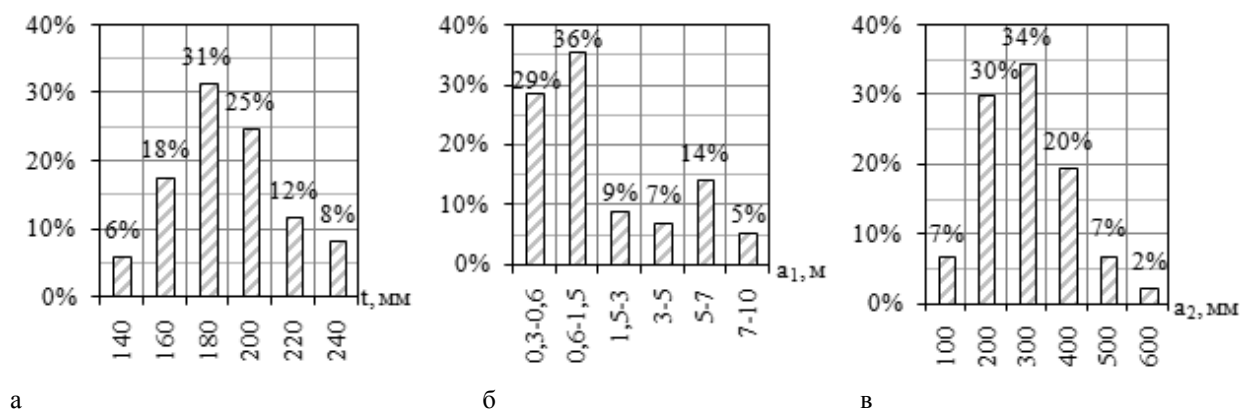


Рис. 3. Распределение геометрических параметров: а – толщина плиты перекрытия, мм; б – продольный размер вертикальных опор, м; в – поперечный размер вертикальных опор, мм
 Fig. 3. The distribution of geometrical parameters: а – thickness of floor slab panel, mm; б – vertical supports longitudinal size, m; в - vertical supports cross size, mm

Распределение значений толщины плиты перекрытия характеризуется средним значением 180 мм при невысоком уровне вариации, свидетельствующем об относительной однородности данного фактора. (рис. 3, а). Детальное исследование этого параметра представлено в работах [12, 13].

Существенная асимметрия и неоднородность распределения продольных размеров вертикальных несущих конструкций обусловлена неоднородностью состава совокупности (рис. 3, б). К общей совокупности продольных размеров вертикальных несущих конструкций принадлежит группа стержневых элементов колонн и пилонов, на которую приходится 65 % от общего объема, и группа плоскостных элементов, включающая стены и диафрагмы жесткости. В большинстве случаев значения поперечного размера вертикальных несущих конструкций изменяются в пределах от 200 до 400 мм при среднем значении 300 мм (рис. 3, в).

Используя методы теории вероятностей и математической статистики выполнены анализ и оценка полученных данных (табл. 2). Для описания

рассмотренных величин применяются следующие характеристики:

m^* (среднее арифметическое выборки) – оценка для математического ожидания, самого важного выразителя случайной величины;

Δ_x (предельная ошибка) – диапазон практически возможных значений ошибки для уровня надежности 95%;

Me (медиана) – значение случайной величины, разделяющее вариационный ряд на две части, равные по числу значений;

σ (среднее квадратическое отклонение) – оценка рассеяния, имеет размерность случайной величины;

v (коэффициент вариации) – безразмерная величина, служит для сравнения рассеяний вариационных рядов, значения которых имеют различную размерность;

Q_1 (нижний квартиль) – отделяет 25% совокупности с наименьшими значениями;

Q_3 (верхний квартиль) – отделяет 25% совокупности с наибольшими значениями.

Таблица 2. Результаты анализа факторов
 Table 2. Factors analysis results

	n	$L, м$	$B, м$	$l, м$	$h, м$	$t, мм$	$a_1, мм$	$a_2, мм$
m^*	20,32	48,81	18,86	5,04	2,98	184,55	1674,42	308,14
Δ_x	±2,83	±9,58	±2,10	±0,36	±0,08	±8,34	±575,81	±31,52
Me	21,50	43,20	18,30	4,85	3,00	180,00	1000,00	300,00
σ	8,10	27,00	5,52	1,31	0,24	23,53	1871,00	102,41
v	39,8%	55,3%	29,3%	32,4%	8,0%	12,8%	111,7%	33,2%
Q_1	16,00	26,00	14,40	3,68	2,80	170,00	725,00	235,00
Q_3	24,00	60,00	22,00	6,05	3,10	200,00	1600,00	375,00

ВЫВОДЫ

Построенные гистограммы распределения и представленный статистический анализ основных объемно-планировочных и конструктивных параметров современных жилых зданий позволяют отобрать их значения для исследования параметров технологического процесса устройства несущих конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вентцель Е.С., 1998. Теория вероятности: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк. – 576.
2. Гетун Г. В., Криштоп Б.Г., 2005. Багатоповерхові каркасно-монолітні житлові будинки: Навчальний посібник. - К.:Кондор. – 220.
3. Гетун Г.В., Кушніренко М.Г., 2010. Особливості конструктивних рішень багатоповерхових каркасно-монолітних житлових будинків зі стінами підвищеного рівня тепло збереження // Містобудування та територіальне планування, №37. – 114-121.
4. Гмурман В.Е., 2003. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк. – 479.
5. Гончаренко Д.Ф., Карпенко Ю.В., Меерсдорф Е.И., 2013. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий. – К.: А+С. – 128.
6. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. –К.: Держбуд України.–42
7. ДБН В.2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення. – К.: Держбуд України.–36.
8. Куликов Г., Казьмина А., Кондратьева Н., 2012. Задачи, определяющие характер реконструкции жилища // MOTROL. – Vol 14-№1, 137-139.
9. Макарова Н.В., Трофимец В.Я., 2002. Статистика в Excel: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика. – 368.
10. Михельс В.О., Беркута А.В., Гойко А.Ф., Бондар В.П., Вахович І.В., Гриценко Ю.О., 2010. Економіко-математичні моделі та методи у будівництві: Підручник. – К.: Міленіум. – 464.
11. Морозова Е., 2012. Сейсмостойкость реконструируемых зданий средней этажности // MOTROL. - Vol 14, №1, 47 – 53.
12. Таран В.В. Тонкачев Г.Н., 2011. Исследование систем монолитных плит перекрытий с легкими вкладышами каркасных зданий и классификация факторов влияния // Вісник ДонНАБА. - №6 (92), 22-27.
13. Таран В.В., Югов А.М., 2009. Исследование факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений устройства облегченной монолитной плиты перекрытия // Вісник ДонНАБА. - №4 (78), 178 - 183.
14. Хубка В., 1987. Теория технических систем. – М.: Мир. – 208.
15. Шебанин В. С., Богза В.Г., Богданов С.И., 2012. Расчет вероятности отказов конструктивного элемента сборно-разборных легких металлических конструкций // MOTROL. - Vol. 14, №2, 164 - 167.
16. Югов А.М., Тонкачев Г.М., Таран В.В., 2010. Исследование структуры процесса возведения сборно-монолитных зданий и сооружений // Вісник ДонНАБА. - №5 (85), 366 -372.

RESEARCH OF SPACE-PLANNING AND DESIGN DECISIONS OF MULTI-FRAME-MONOLITHIC APARTMENT BUILDINGS

Summary. In the article report analyzes the major space-planning and design decisions of modern multi-frame-monolithic apartment buildings. Statistical analysis of the results is produced. The possibility to determine dependence for parameters of technological process from parameters of building is grounded.

Key words: frame, building, parameter, factor, distribution, statistics

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТОМАТОВ. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Елена Степанова

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет»

Адрес: 95492 Симферополь, Аграрное, ЮФ НУБ и П Украины «КАТУ»

e-mail: ABC17101@yandex.ru

Аннотация. Известно, что в современной схеме производства и переработки томатов имеют место значительные потери в процессе уборки и послеуборочной обработке в результате механических повреждений в результате вибраций, деформаций или падений плодов с определенной высоты на поверхности уборочных и транспортных агрегатов, а также при взаимодействии с их рабочими элементами.

Ключевые слова: механические повреждения, транспортные агрегаты, поверхность рабочих органов, рабочие элементы.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время осуществлен ряд исследований по оценке механических свойств и восприимчивости к бою плодов различных видов овощей [1, 2, 3]. В связи с развитием технологий уборки и послеуборочной доработки томатов, актуальность в таких исследованиях не ослабевает.

Физико-механические параметры плодов томатов сильно зависят от внутреннего строения плодов и от геометрической локализации нагрузок.

ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ

Физико-механические параметры плодов томатов сильно зависят от внутреннего строения плодов и от геометрической локализации нагрузок. На рис. 1 изображена типичная линия «нагружения-разгрузки» в координатах «усилие-расстояние» для плодов томатов.

Линия AB – стадия нагружения, линия BC – стадия разгрузки. Площадь области петли ABC соответствует энергии деформации $E_p = E_s - E_e$ (мДж). E_s – энергия напряжения, связанная с работой сил препятствующих деформации плода томата – площадь под линией нагружения; энергия упругой деформации E_e – высвобождаемая энергия в процессе разгрузки – площадь области под кривой усилий разгрузки. Деформация D_p плода томата, соответствующая точке C – пластическая деформация; D_e – упругая деформация плода.

Таким образом, степень упругости – безразмерная величина:

$$r_c = \frac{D_e}{D_e - D_p} \quad - \quad \text{величина}$$

демпфирующих характеристик плода. Угловой коэффициент линии AB – отношение величины усилий к величине деформации вне зависимости от места приложения. Абсцисса точки B – это деформация D ($D = D_e - D_p$) при соответствующем сжатии, ордината – пик воздействий (максимальное значение величины усилий) F_{\max} (Н), полученных плодом томата.

Для исследования эффектов внутренней структуры на механические свойства и степень механической повреждаемости, были проведены многофакторные эксперименты. Факторы:

1) Два варианта камерности плодов (трехкамерность T и четырехкамерность F). Трехкамерные плоды показывали асимметричную внутреннюю структуру, которая наблюдается у плодов томатов с 3, 5 и 7 камерами; в то время как четырехкамерные – симметричную структуру, соответствующую 4, 6 и 8 камерным плодам.

2) Две позиции (по локализации нагрузки) на поверхности плода (нагрузка вдоль камер L и нагрузка вдоль перегородок CV). Пять типов сжатий (4, 8, 12, 16 и 20% по диаметру). Все сжатия локализуются в экваториальной зоне плода.

Тест «нагружение-разгрузка»

Данные по механическим, физическим параметрам

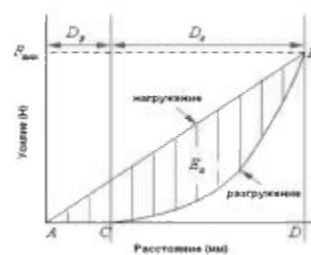


Рис. 1. Кривая нагружения-разгрузки
Fig. 1. Curve-loading/unloading

плодов и сроку хранения приводили к соответствующей оценке степени механической повреждаемости для плодов томатов.

В табл. 1 представлены результаты, полученные в испытаниях типа «нагружение-разгрузка» и результаты измерений физических параметров плодов томатов.

Таблица 1.
Table 1.

Механические и физические параметры	Сжатие ε (%)					
	0	4	8	12	16	20
E_p , мДж	0	7,21±1,97	42,16±15,41	101,17±35,99	209,09±59,38	368,73±128,9
F_{max} , Н	0	9,44±2,55	25,97±8,16	38,54±10,16	54,88±13,47	63,13±13,5
r_c		0,63±0,09	0,59±0,07	0,55±0,05	0,5±0,05	0,41±0,05
r_k		3,62±0,89	4,85±1,29	4,59±1,02	4,53±1,03	4,5±1,13
L_c , мм		64,40±4,65	65,56±6,47	67,27±5,98	65,83±4,32	67,13±5,91
φ		0,92±0,04	0,92±0,02	0,91±0,02	0,93±0,03	0,92±0,02
D_g , мм		61,30±3,77	62,88±4,98	63,04±5,52	62,47±3,88	63,62±4,79
D_a , мм		61,56±3,82	63,16±5,06	63,43±5,57	62,75±3,90	63,92±4,89

Данные представляют усредненные величины для всех групп томатов по типам сжатия. Были применены пять типов сжатия, записаны в пять столбцов таблицы соответственно по механическим и физическим параметрам, ± среднее отклонение для всех томатов: $2 \times 2 \times 10$ по типу сжатия. Механические параметры показывают существенную разницу среди эффектов по типам сжатий относительно коэффициента вариации, как показано на рис.2

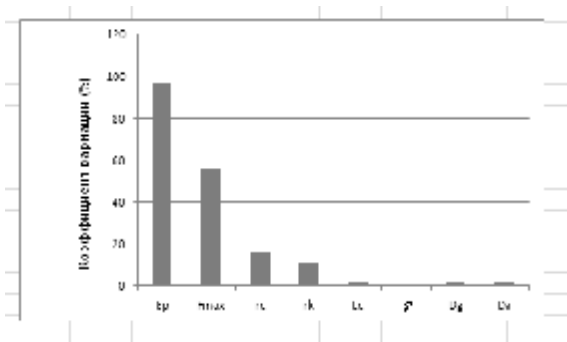


Рис. 2. Коэффициент вариации механических и физических параметров плодов томатов:

Fig. 2. Coefficient of variation of mechanical and physical properties of tomatoes:

$$V_{E_p} = 96,4; \quad V_{F_{max}} = 56,41; \quad V_{r_c} = 15,92; \\ V_{r_k} = 10,57; \quad V_{L_c} = 1,8; \quad V_{\varphi} = 0,77; \quad V_{D_g} = 1,38, \\ V_{D_a} = 1,42$$

Очевидно, энергия пластической деформации E_p , и пиковое усилие F_{max} , увеличиваются с увеличением сжатия, как показано в таблице 1. Это логично согласуется с результатами других исследователей [1, 2]. Однако, степень пластичности (эластичность) r_c снижается с возрастанием примененных сжатий и уклон кривой нагружения достигает наибольшего значения для сжатия 8 % и наименьшего значения при сжатии 4 %. В отличие от механических параметров, ни один из физических параметров не показывает серьезной разницы средних величин при всех типах нагружения (сжатия). Это иллюстрирует то, что плоды группировались достаточно сбалансированно и полученные данные по тесту «нагружение-разгружение» не были необъективными (тенденциозными). Потому отдельные характеристики плодов были ассоциированы с типом сжатия или типом группировки.

Влияние внутренней структуры томата на его механические свойства

Механические параметры (E_p, F_{max}, r_c, r_k) после теста «нагружение-разгружение» вдоль камеры (L) и вдоль перегородки (между камерами) (CW) томатов для пяти типов сжатий показаны на рис. 3.: $T \times CW; T \times L; F \times CW; F \times L$ – диаграммы и графики для трехкамерных томатов под нагрузкой вдоль перегородки, трехкамерный томат под нагрузкой вдоль камеры; четырехкамерный томат под нагрузкой вдоль перегородки и четырехкамерный томат под нагрузкой вдоль камеры, соответственно.

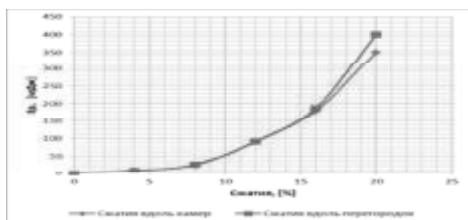


Рис. 3а. Трехкамерный томат, (E_p)
Fig. 3a. Three-chamber tomato

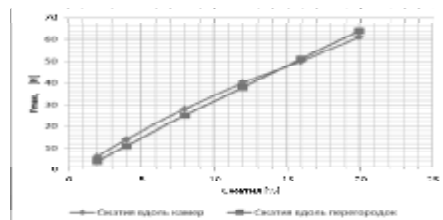


Рис. 3б. Трехкамерный томат (F_{max})
Fig. 3b. Three-chamber tomato

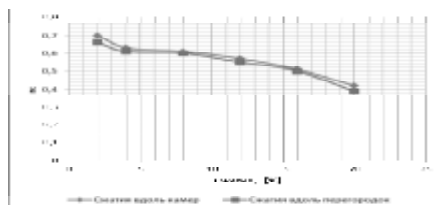


Рис. 3в. Трехкамерный томат, (r_c)
Fig. 3c. Three-chamber tomato

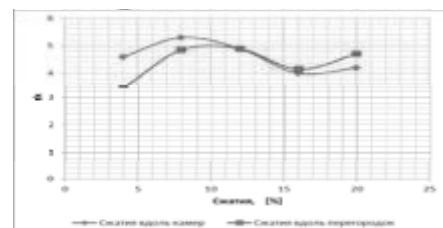


Рис. 3г. Трехкамерный томат, (r_k)
Fig. 3g. Three-chamber tomato

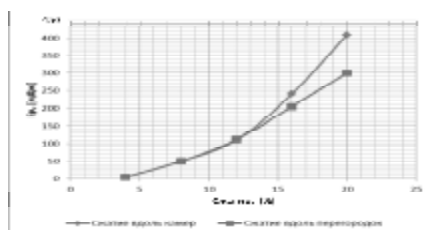


Рис. 3д. Четырехкамерный томат, (E_p)
Fig. 3d. Quad tomato

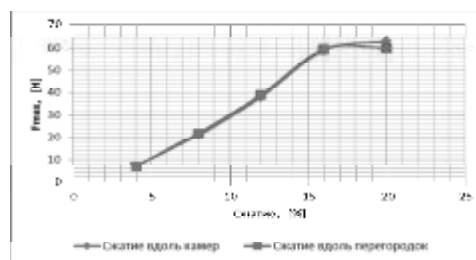


Рис. 3е. Четырехкамерный томат, (F_{max})
Fig. 3e. Quad tomato

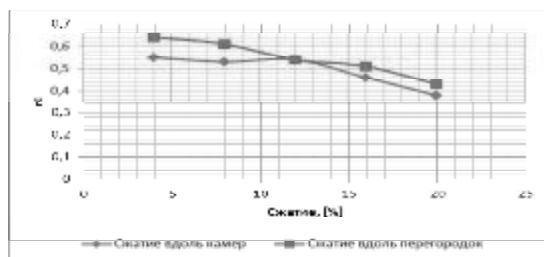


Рис. 3ж. Четырехкамерный томат, (r_c)
Fig. 3g. Quad tomato

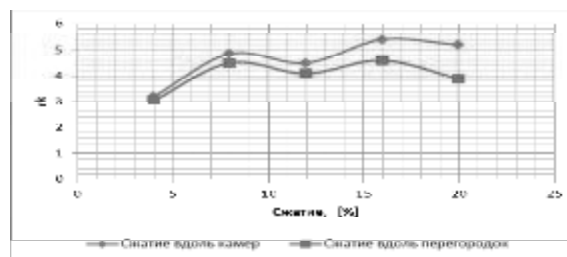


Рис. 3з. Четырехкамерный томат, (r_k)
Fig. 3h. Quad tomato

Трехкамерный томат

Корреляции между различными механическими параметрами трехкамерных томатов для пяти типов сжатия показаны на рис. 3а, 3б, 3в и 3г.

1. Энергия пластической деформации E_p (рис. 3а): когда сжатие меньше 16% место приложения нагрузки не играет существенной роли (не показывает существенных эффектов). Когда сжатие более 16%, изменения величин этих показателей в зависимости от места приложения нагрузки становится более заметным: разница значений показателей растет со степенью сжатия. Когда сжатие достигает 20%, энергия пластической деформации томатов с нагрузкой вдоль перегородки в ~1,15 раза больше, чем при сдавливании вдоль камеры.

2. Пиковое усилие F_{max} (рис. 3б) **и степень пластичности r_c** (рис. 3в). Очевидно, место приложения нагрузки не имеет существенного эффекта для пиковых усилий и степени пластичности для трехкамерных томатов. Усилие с пиковой нагрузкой при сдавливании вдоль камеры томата незначительно больше, чем при сдавливании вдоль перегородки при сжатиях менее 12%. Когда сжатие превысило 12%, пиковое усилие нагружения на камеру было несущественно меньше, чем на перегородку. Степень пластичности томатов приводит к тому, что сжатие вдоль камеры немного больше, чем сжатие вдоль перегородки по всем типам сжатий.

3. Угол наклона линии нагружения r_k (рис. 3д): Место приложения нагрузки имеет существенный эффект (влияние) по уклону линии нагружения для трехкамерных томатов. Когда сжатие меньше, чем 12%, угловой коэффициент линии нагружения в испытаниях томатов показывает значения при сжатии по камере больше, чем по перегородке. Когда сжатие больше, чем 12%, уклон линии нагружения при сдавливании по камере меньше, чем тот же параметр при сдавливании вдоль перегородки. При сжатии 4% уклон при нагружении по камере в 1,3 раза больше, чем тот же параметр при сдавливании по перегородке. В соответствии с результатами тестов, приведенными выше, место приложения нагрузки не имеет существенного эффекта по механическим параметрам (E_p , F_{max} и r_c) для трехкамерных томатов, когда сжатие не превышает 16%. Это происходит потому, что структура трехкамерных томатов центрально симметрична. Неважно, какое положение перегородок между двумя позициями нагрузок – механические свойства не будут существенно различными до того как внутренняя структура томата разрушится. Как бы ни было, расположение нагрузок имеет существенный эффект по отношению к уклону линии нагружения для

трехкамерных томатов, и причина может быть в соотношениях между данными по диаметрам [5].

Энергия пластического нагружения существенно зависит от места приложения нагрузок, когда сжатие превышало 16%; причина возможно в том, что внутренняя структура томатов начинает разрушаться постепенно.

Результаты статистической обработки после тестов показывают, что вероятность разрушения томата, нагруженного вдоль перегородки и вдоль камеры соответственно равны 0,83 и 0,67, когда сжатие было 16%. Обе вероятности равнялись 1,0 когда сжатие равнялось 20%.

Четырехкамерный томат

Корреляции между разными механическими параметрами четырехкамерного томата и пятью типами сжатий показаны на рис. 3д, 3е, 3ж и 3з.

1. Энергия пластического напряжения E_p (рис. 3д): Когда сжатие было меньше, чем 12%, расположение нагрузки не имело значительных эффектов по отношению к величине энергии пластического нагружения для четырехкамерного томата. Когда сжатие было больше 12%, место приложения нагрузки стало значимостью, и разница величины энергии пластического напряжения томатов для двух локализаций расположения нагрузки растет с ростом степени сжатия. Когда сжатие принимает значения 16% и 20%, соответственно, энергия пластической деформации томатов при нагружении вдоль перегородки соответственно в ~1,2 раза и в ~1,5 раз больше, чем при нагружении вдоль камер.

2. Пиковые усилия F_{max} (рис. 3е): Очевидно, место нагружения не имеет существенного эффекта по пиковым усилиям для четырехкамерных томатов. Пиковые усилия, приложенные к камерам томатов несущественно больше, чем приложенные вдоль перегородок для всех типов нагружения при сжатии менее 16%. Когда сжатие становится более 16% изменения пиковых нагрузок вдоль камер небольшие. Однако, усилия пиковых нагрузок на ткань камер продолжает расти.

3. Степень эластичности r_c (рис. 3ж): Место приложения нагрузок имеет существенный эффект по степени эластичности для четырехкамерных томатов. Степень эластичности томатов нагружаемых вдоль камер больше, чем нагруженных вдоль перегородок по всем типам нагружения. Максимальное отношение степени эластичности для двух позиций (вдоль перегородок и вдоль камер) достигает 1,15 : 1 при 4%. Это показывает, что способность упругого восстановления четырехкамерных томатов при нагрузке вдоль камер выше, чем при нагрузке вдоль перегородок.

4. Уклон кривой нагружения r_k (рис. 3з): Место нагружения имеет существенный эффект по уклону

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ

кривой нагружения для четырехкамерных томатов. Уклон кривой нагружения в тесте томатов, нагруженных вдоль камер меньше, чем в тесте томатов нагруженных вдоль перегородок для всех типов сжатий. Максимальное отношение уклона кривой нагружения в двух позициях (вдоль камер и вдоль перегородок) достигает 1,35 : 1 при 20% сжатия. Это иллюстрирует, что если томат имеет ту же самую деформацию, усилие зажима плодов томатов вдоль перегородок должно быть больше чем вдоль камер.

В соответствии с приведенными выше результатами тестов, сжатие в 12% ключевая точка изменений для механических параметров четырехкамерных томатов. Причина в том, что четырехкамерные томаты начинают разрушаться, когда сжатие больше чем 12%. Рис. 3з показывает, что степень эластичности томатов внезапно падает, когда сжатие больше 12%; пластические деформации значительно усиливаются и пластическая энергия разрушения также растет с ростом сжатия. Статистическая обработка показывает, что вероятность того, что томат лопнет для сжатий вдоль перегородок и вдоль камер равна 0,33 и 0,17, соответственно, когда сжатие равно 12%; 0,50 и 0,33 соответственно, для сжатий 16%; 1,00 и 0,83 соответственно, для сжатий 20%. Таким образом, дальнейшие результаты показали правильность выше сформулированных предположений.

В экспериментах получены основные размеры плодов томатов, такие как продольная высота H , диаметр L_c (расстояние между верхней точкой контакта и нижней точкой контакта в несжатом состоянии), максимальный поперечный диаметр L_{max} , минимальный поперечный диаметр L_{min} . Затем, по формулам вычислены: средний геометрический диаметр $D_g = (HL_{max}L_{min})^{\frac{1}{3}}$, шарообразность (сферичность) $\varphi = \frac{(HL_{max}L_{min})^{\frac{1}{3}}}{H}$ и средний арифметический диаметр $D_a = \frac{H + L_{max} + L_{min}}{3}$.

Для оценки механической повреждаемости, деформированные после опытов плоды томатов, были классифицированы по двум группам: сильно деформированные с треснутой кожурой и с незначительной деформацией без повреждения

кожуры. Степень деформации определена по формуле: $\varepsilon = \frac{L_c - L}{L_c} \times 100\%$, где L – функция

диаметра плода в течение процесса сжатия. Деформации фиксировались в стадиях 0, 4, 8, 12, 16 и 20%. Степень механических повреждений η

определяется по формуле: $\eta = \frac{t - t_1}{t} \times 100\%$, где t_1

– время сохраняемости плода томата при деформации ε .

Степень механических повреждений плодов томатов находится под влиянием нескольких факторов, которые могут быть описаны как качественные переменные: число камер, локализация нагрузки; и количественными переменными: деформация и физические параметры плода. В качестве метода анализа принят ковариационный анализ (ANCOVA), который является составляющей дисперсионного анализа (ANOVA) и регрессией непрерывных переменных [4].

Неуправляемые количественные переменные рассматриваются как независимые переменные, а влияние качественных переменных на зависимую переменную анализируется, когда воздействие независимых переменных исключено. Соотношение:

$$Z_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^m \beta_{1k} x_{ik} + \sum_{k=1}^m \sum_{p=1}^m \beta_{1kp} x_{ik} x_{ip} + \sum_{j=1}^n \beta_{2j} y_{ij} + e_i$$

– это ANCOVA-модель. Здесь Z_i – зависимая переменная, определяющая степень механических повреждений плодов в i – ой группе; группы были определены по количеству камер, типу опыта и месту приложения усилий; независимые переменные x_{ik} и y_{ij} являются качественными и количественными переменными соответственно; m и n – число факторов и независимых переменных, соответственно; β_0 – свободный член ANCOVA-модели; β_{1k} и β_{2j} – относятся к k – му фактору и j – ой независимой переменной, соответственно; β_{1kp} – аналогичным образом относится к взаимодействию между k – м и p – м факторами; e – случайная ошибка.

Факторы, оказывающие влияние на степень механической повреждаемости томатов, включают параметры внутренней структуры, такие как: камерность и место приложения усилий сжатия; механические параметры, такие как: ε , E_p , F_{max} и r_c , и физические параметры, такие как L_c , D_g , φ , D_a .

Таблица 2. Коэффициенты модели степени повреждаемости томатов
Table 2. Model coefficients extent of damage to tomatoes

Объясняющие (X)	Оценка коэффициентов (β)	Стандартная ошибка	t – статистика
1	2	3	4
Свободный член модели	-0,1087	0,0515	-2,11
Сжимаемость ϵ	3,6375	0,3125	11,64
Положение CW	0,213	0,05	4,26
Положение L	0		
Структура \times Положение T \times CW	-0,1634	0,05	-3,27
Структура \times Положение F \times CW	0		
Структура \times Положение T \times L	0,0488	0,05	0,98
Структура \times Положение F \times L	0		

В этой модели коэффициент: $R^2 = 0,91$ (91% данных, гарантировано, объясняется моделью). Диаграмма рассеивания остатков (рис. 4), показывает, что распределение остатков не является регулярным и гипотеза гомоскедастичности ошибок e верна.

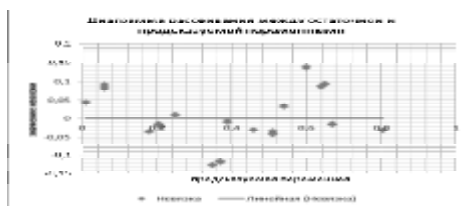


Рис. 4. Тестирование гипотез
Fig. 4. Hypothesis testing

Все статистические результаты получены с применением системы статистического анализа

(SAS) программного обеспечения Version 9.1.3 (SAS Inc., Cary, NC, USA).

ВЫВОДЫ

Получена эмпирическая модель, описывающая процессы деформации плодов томатов, в результате ударно-пластического взаимодействия с поверхностями различной конфигурации. Модельное уравнение предусматривает учет качественных признаков.

ЛИТЕРАТУРА

- Berardinelli A.; Donati V., Giunchi A., Guarnieri A., Ragni L., 2005. Damage to pears caused by simulated transport. J. Food Engin. – № 66, 219 - 226.
- Olorunda A.O., Tung M.A., 1985. Simulated transit studies on tomatoes: Effects of compressive load, container vibration and maturity on mechanical damage. J. Food Tech. – № 20, 669-678.
- Singh A., Singh Y., 1992. Effect of vibration during transportation on the quality of tomatoes. J. Agric. Mech. Asia, Africa and Latin America. – № 23, 70-72.
- Брандт З., 2003. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров [Текст]: Пер. с англ. – М.: Мир. – 686.
- Lu R., Srivastava A.K., Beaudry R.M., 2005. A new bioyield tester for measuring apple fruit firmness. Appl. Eng. Agric. V. 21(5), 893 - 900.
- Saliev E., Nikolenko I., 2012. The feasibility report on maintainability of the water and sewage system// MOTROL – Vol.14, №5, 119 – 124.
- Шебанин В. С., Богза В.Г., Богданов С.И., 2012. Расчет вероятности отказов конструктивного элемента сборно-разборных легких металлических конструкций // MOTROL. - Vol. 14, №2, 164 - 167.
- Куликов Г., Казьмина А., Кондратьева Н., 2012. Задачи, определяющие характер реконструкции жилища // MOTROL. – Vol 14-№1, 137-139.

RESEARCH OF PHYSICAL PARAMETERS AND MECHANICAL CHRASHING OF TOMATOES. STATISTICAL MODEL

Summary. It is known that in the modern chart of production and processing of tomatoes considerable losses take place in the process of cleaning up and to послеуборочной treatment as a result of mechanical damages as a result of vibrations, deformations or falling of garden-stuffs from a certain height to the surfaces of harvest and transport aggregates, and also at co-operating with their working elements.

Key words: mechanical damages, conveyer aggregates, surface of working organs, working elements.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЯСЕ РИГЕЛЯ РАМНОГО УЗЛА

Дмитрий Перминов, Елена Перминова

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Адрес: 95493, Украина, г. Симферополь, ул. Киевская, 181
e-mail: dmitriy714@mail.ru

Аннотация: Рассматривается методика определения напряжений в поясе ригеля рамного узла стального каркаса с колонной коробчатого сечения. Предлагаемая методика основана на определении прогиба стенки колонны методами теории упругости и дальнейшем расчете с помощью программного комплекса.

Ключевые слова: колонна, стенка, прогиб, пояс, напряжения, жесткость.

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшее распространение при строительстве получили стальные рамные и рамно-связевые каркасы, что обусловлено их хорошей работой при воздействии внешних нагрузок. Жесткость зданий с рамным каркасом обеспечивается надежностью узлового сопряжением ригеля с колонной. Надежность строительной конструкции определяется работой ее элементов, точностью расчета и выбором наиболее эффективного конструктивного решения узлов сопряжения ригеля с колонной.

Стальные каркасы многоэтажных зданий в основном имеют рамную систему, которая состоит из жестко соединенных между собой ригелей и колонн, образующих плоские и пространственные рамы, объединенные междуэтажными перекрытиями. Применение такой системы обусловлено предположением, что рамный каркас более податлив, чем связевой, при учете работы его элементов в упругопластической стадии. Стальные колонны многоэтажных каркасов рамного типа следует проектировать коробчатого сечения, а ригели – из прокатных двутавров.

В отечественных нормах не уделялось и не уделяется должного внимания проектированию узловых соединений. В некоторых случаях конструктивная схема сопряжения элементов рассматривается с технологических позиций.

Исследования работы рамных узлов, применяемых в отечественной и зарубежной строительной практике, показывают, что наиболее уязвимым местом является зона сварных швов, прикрепляющих пояса ригеля к стенке колонны. Наличие концентраторов напряжений и дефектов в зоне сварных швов, вероятность появления которых в условиях строительной площадки увеличивается,

при высоких напряжениях в поясах ригеля может приводить к разрушению.

В связи с этим, необходимо определить наиболее выгодное конструктивное решение рамного узла, позволяющее снизить максимальные напряжения в околошовной зоне в поясе ригеля. Данная проблема давно решается, но многие вопросы еще остаются открытыми, одним из которых является определение значения коэффициента концентрации нормальных напряжений (далее коэффициента концентрации напряжений) в околошовной зоне в поясе ригеля. Коэффициент концентрации напряжений определяется как отношение максимального нормального напряжения к номинальному в рассматриваемой точке.

Также стоит отметить, что на практике возникает проблема адекватности расчета рамных узлов. В большинстве случаев это связано с отсутствием полной информации по фактическому напряженному состоянию рамного узла. Кроме того, по формулам определяются усредненные значения, и методика расчета элементов рамного узла основана на допущениях, исключающих возможность появления концентрации напряжений. Это приводит к тому, что основные положения расчета не отражают действительную работу конструкции.

Исходя из выше изложенного следует, что поиск путей повышения несущей способности узлов за счет оптимизации конструкции и разработки точных методик расчета является актуальным.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основным конструктивным решением рамных узлов, которые наиболее распространены в

отечественной и зарубежной строительной практике, являются сопряжения ригеля с колонной двутаврового сечения на горизонтальных и вертикальных накладках. В таком конструктивном решении узла стенка и пояс колонны двутаврового сечения находятся в сложном напряженном состоянии, поэтому необходимо устанавливать в колонне в уровне горизонтальных накладок диафрагмы, приваренные к стенке и поясам колонны. Кроме того, наряду с рассмотренным решением, получило распространение конструктивное решение рамного узла без горизонтальных накладок, когда пояса ригеля непосредственно соединяются сварным стыковым швом с поясом колонны. Преимуществом данного узла является снижение металлоемкости и трудоемкости на монтаже, так как уменьшается длина монтажных сварных швов, а также исключается необходимость изготовления горизонтальных накладок сложной геометрической формы. Указанные конструкции рамных узлов с двутавровым ригелем и колоннами двутаврового или коробчатого сечения могут применяться при проектировании как в обычных, так и в сейсмоопасных районах.

Для исследований была выбрана конструкция рамного узла с двутавровым ригелем и с колонной коробчатого сечения, применяемая при строительстве в обычных и сейсмических районах (рис. 1). Проанализировав исследования таких конструктивных решений рамных узлов [1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 11] можно сделать вывод, что наиболее нагруженными элементами являются: пояс ригеля; сварной шов, прикрепляющий пояс ригеля к стенке колонны; стенка колонны в пределах высоты ригеля. Поэтому основной целью дальнейших исследований является определение распределения напряжений в поясе ригеля.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО РЕЗУЛЬТАТЫ

С этой целью определим распределение напряжений в поясе ригеля и найдем прогиб стенки

колонны w методами теории упругости. Представим стенку колонны как пластину, которая с двух противоположных краев закреплена (рис. 2).

К пластине приложена распределенная нагрузка q вдоль оси x . Стороны пластины, параллельные оси y , закреплены жестко, а стороны, параллельные оси x , – свободно оперты.

Зададим граничные условия:

$$\left. \begin{array}{l} \text{При } x = 0 \text{ и } x = a \\ w = 0 \text{ и } \frac{\partial w}{\partial x} = 0. \end{array} \right\}, \quad (1)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{При } y = 0 \text{ и } y = b \\ w = 0 \text{ и } \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \end{array} \right\}$$

При исследовании вопроса об изгибе стенки колонны как пластины воспользуемся решением М. Леви. Условия (1) будут удовлетворены, если примем в качестве частного решения уравнение прогиба:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}. \quad (2)$$

Выражение для прогиба пластины представим в форме бесконечного ряда:

$$w_n = \sum_{n=1}^{\infty} X_n \sin \frac{n\pi y}{b}. \quad (3)$$

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЯСЕ РИГЕЛЯ

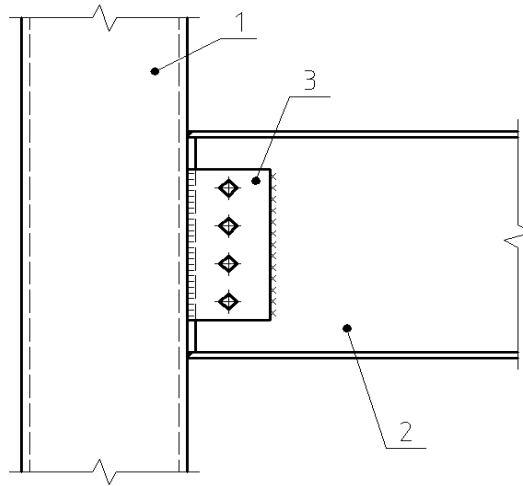


Рис. 1. Рамный узел: 1- колонна коробчатого сечения; 2 - ригель; 3 - шпальник
 Fig. 1. Moment-resisting knot: 1 column of box-shaped section; 2 - beam; 3 – inlay

В результате подстановок и преобразований получим выражение для определения прогиба в виде:

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_0}{\beta_n^5} [1 + F_n \operatorname{sh} \beta_n x - \operatorname{ch} \beta_n x + E_n \beta_n x \operatorname{sh} \beta_n x - \quad (4)$$

$$- F_n \beta_n x \operatorname{ch} \beta_n x] \sin \frac{n\pi y}{b},$$

где $K_0 = \frac{2q}{Db^2\pi n} \sin \frac{n\pi x_0}{a} \sin \frac{n\pi m}{2a}$, D – цилиндрическая жесткость, коэффициентов при

$$\text{переменных } F_n = \frac{\operatorname{ch} \beta_n a - 1}{\operatorname{sh} \beta_n a + \beta_n a},$$

$$E_n = \frac{\operatorname{sh} \beta_n a}{\operatorname{sh} \beta_n a + \beta_n a}.$$

С помощью выражения (4) можно определить прогиб в любой точке стенки колонны при различном значении распределенной нагрузки.

Для упрощения расчета будем использовать положения рассмотренные в [12].

Для практического использования предлагается сводная таблица 1. Для определения

прогиба пластины достаточно табличные значения относительного прогиба умножить на соотношение

заданных величин $\frac{b_i^3}{t_i^3}$, где t_i – толщина пластины.

Максимальный прогиб в центре пластины:

$$w_{\max} = \frac{2q \sin \frac{n\pi x_0}{a} \sin \frac{n\pi m}{2a} \sin \frac{n\pi x}{a}}{D\pi^6} \times \quad (5)$$

$$\times b^3 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n}\right)^6 \times$$

$$\times \left[1 - \frac{\operatorname{sh} \alpha_n + \alpha_n \operatorname{ch} \alpha_n}{\operatorname{sh} \alpha_n \operatorname{ch} \alpha_n + \alpha_n} \right],$$

$$\text{где } \alpha_n = \frac{n\pi a}{2b}.$$

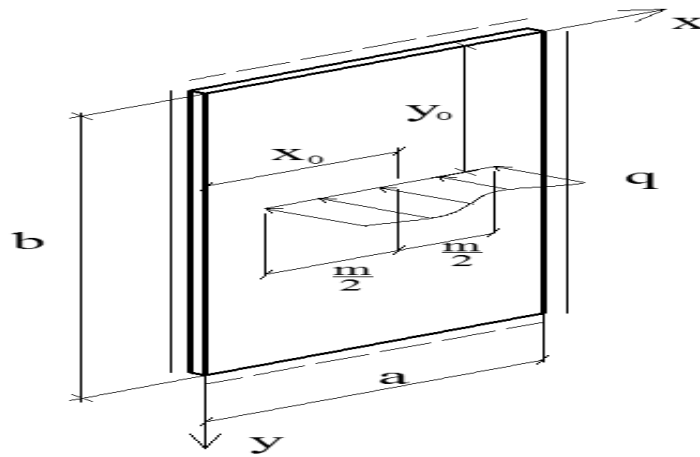


Рис. 2. Схема пластины
Fig. 2. Plate scheme

Таблица 1. Относительный прогиб пластины
Table 1. Relative sagging plates

$V = \frac{m}{a}$	Значения относительного прогиба пластины $w \cdot 10^6$ в точке с относительными координатами (мм) при нагрузке $q = 10 \text{кН/а}$								
	г. 1 (0,1a)	г. 2 (0,2a)	г. 3 (0,3a)	г. 4 (0,4a)	г. 5 (0,5a)	г. 6 (0,6a)	г. 7 (0,7a)	г. 8 (0,8a)	г. 9 (0,9a)
1	0.030	0.085	0.139	0.176	0.189	0.176	0.139	0.085	0.030
0.8	0.028	0.083	0.136	0.173	0.186	0.173	0.136	0.083	0.028
0.6	0.022	0.070	0.121	0.157	0.170	0.157	0.121	0.070	0.022
0.4	0.015	0.049	0.090	0.122	0.134	0.122	0.090	0.049	0.015
0.2	0.008	0.025	0.047	0.067	0.075	0.067	0.047	0.025	0.008

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЯСЕ РИГЕЛЯ

Как видно прогиб пластины зависит от соотношения ее сторон b/a . Обозначим переменную часть выражения (5) через ψ :

$$w_{\max} = \frac{2q \sin \frac{n\pi x_0}{a} \sin \frac{n\pi m}{2a}}{D\pi^6} \times \times b^3 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n}\right)^6 \left[1 - \frac{\operatorname{sh}\alpha_n + \alpha_n \operatorname{ch}\alpha_n}{\operatorname{sh}\alpha_n \operatorname{ch}\alpha_n + \alpha_n} \right]. \quad (6)$$

Этот ряд сходиться очень быстро. Уже второй член ряда при $n=3$ на несколько порядков меньше первого, что позволяет учитывать в дальнейшем только его первый член. График функциональной зависимости $\psi\left(\frac{b}{a}\right)$ показан на рис. 3.

Функция $\psi\left(\frac{b}{a}\right)$ имеет вид экспоненты и хорошо аппроксимируется выражением:

$$\psi\left(\frac{b}{a}\right) = 1 - e^{-a/b}. \quad (7)$$

Разница между значениями функций, вычисленных по формулам (6) и (7), находятся в допустимых пределах. Для дальнейших расчетов будем брать значения функции $\psi\left(\frac{b}{a}\right)$ по формуле (6).

Заделка краев пластины существенно влияет на величину наибольшего прогиба пластины при действии распределенной нагрузки. Кроме того, величина наибольшего прогиба зависит от соотношения сторон пластины с жесткой заделкой и свободно опертых и имеет вид гиперболы (рис. 3). Если пластина имеет весьма вытянутый прямоугольный контур (например $b/a > 4$), то прогиб и напряжения в пластине быстро приближаются к тем значениям, которые соответствуют бесконечно длинным пластинам.

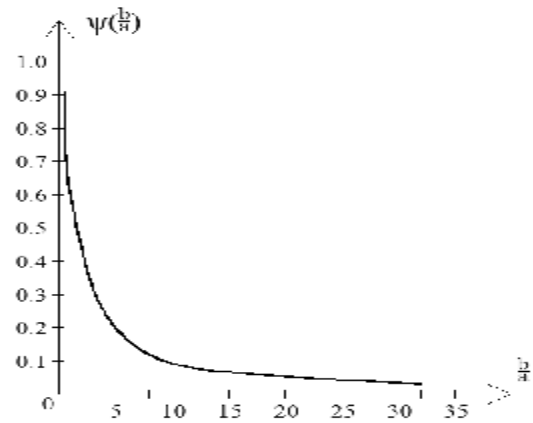


Рис. 3. График функциональной зависимости

$$\psi\left(\frac{b}{a}\right)$$

Fig. 3. Graph functional Dependency $\psi\left(\frac{b}{a}\right)$

Следовательно, по краям пояса ригеля возникают максимальные напряжения, которые к середине значительно уменьшаются, и возникает большой перепад значений. Эпюра распределения напряжений имеет вид параболы. Это обусловлено тем, что стенка колонны ничем не подкреплена и под воздействием нагрузки прогибается, а по краям нагрузка воспринимается боковыми стенками колонны, что способствует возникновению концентрации напряжений.

С помощью выражения (4) можно определить прогиб в любой точке стенки колонны при различном значении распределенной нагрузки. Для практического использования предлагается таблица 1. Проанализировав формулу (4) получили, что эпюра распределения напряжений имеет вид параболы. Это обусловлено тем, что стенка колонны ничем не подкреплена и под воздействием нагрузки прогибается, а по краям нагрузка воспринимается боковыми стенками колонны, что способствует возникновению концентрации напряжений.

В итоге, определение максимальных нормальных напряжений в поясе ригеля предлагается выполнять с использованием следующей расчетной модели (рис. 1) [12]. Выполняем рассечение пояса ригеля со стенкой колонны по правилам моделирования пластинчатых элементов. Пояс ригеля рассматривается как плоская КЭ модель с требуемыми граничными условиями на торце: ограничение перемещений в поперечном направлении пояса и упругие связи, эмитирующие жесткость пояса ригеля и стенки колонны.

С учетом выведенных формул предлагается следующая методика определения нормальных напряжений в поясе ригеля:

- вычисление перемещений точек торца пояса ригеля по формуле (5). Полученные значения перемещений определены без учёта совместности деформаций пояса и стенки колонны;
- определение податливости стенки колонны [6, 12];
- определение суммарных перемещений;



Рис. 2. Расчетная модель

Fig. 2. The computational model

- определение усилий, приходящихся на КЭ пружины, эмитирующие собой отсеченную часть. Определение жесткости КЭ упругих связей по

формуле $k = \frac{F}{x}$;

- статический расчет плоской КЭ модели пояса ригеля с граничными условиями, с помощью программного комплекса. По результатам расчета строится эпюра распределения напряжений по оси действия усилия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов А. З., Меннанов Э. М. Ажермачев Г.А., 2012: Экспериментальные исследования энергопоглотителя кольцевого типа на знакопеременные нагрузки. //MOTROL. – Vol. 14, № 1, 28–33.
2. Ажермачев Г. А., Перминов Д.А., 2008: О распределении усилий в элементах рамного узла сейсмостойкого каркаса с колоннами коробчатого сечения.// Збірник наукових праць. – Київ: Сталь, – вип. 1, 111 – 119.
3. Ажермачев Г. А., Остриков Г.М., 1972: Экспериментальное исследование узловых соединений рамных каркасов. //Изд. вузов Строительство и архитектура. – № 9.
4. Геммерлинг А. В., Трофимов В. И., Милейковский И. Е., 1955: Исследование работы рамных конструкций. //Научное сообщение. – М. : ЦНИПС. – вып. 21. – 140.
5. Килимник Л. Ш., Лаврентьева Л. Э., 1970: Работа узлов стальных каркасов зданий при статических и циклических нагрузках. //Промышленное строительство. – № 9, 28 – 32.
6. Лампси Б. Б., 1979: Металлические тонкостенные несущие конструкции при локальных нагрузках: Теория местных напряжений. – М. : Стройиздат. – 272.

7. Лебедич И.Н., 1980: Исследование рамного каркаса из унифицированных элементов с новым конструктивным решением узлов для многоэтажных зданий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – К. – 204.
8. Морозова Е.В., 2012: Сейсмостойкость реконструируемых зданий средней этажности.// MOTROL. –Vol. 14, № 1, 48 – 54.
9. Морозова Е.В., Сергеева Р.А., 2012: Эффективные комбинированные плиты перекрытий для зданий с несущим металлическим каркасом.// MOTROL. – Vol. 14, № 6, 89 – 94.
10. Перминов Д. А., Перминова Е.Г., 2013: Исследование напряженного состояния поясов ригеля узла рамного каркаса.// Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. Трудов. – Дн-вск: ПГАСА. – Вип. 69, 366 – 368.
11. Перминов Д. А., Перминова Е.Г., 2012: Численные исследования узлов стальных каркасов. Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. Трудов. – Дн-вск: ПГАСА. – Вип. 65, 441 – 445.
12. Святошенко А. Е., 2006: Повышение надежности рамных узлов стальных каркасов многоэтажных зданий: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 „Строительные конструкции, здания и сооружения”. – Н. Новгород. – 25.
13. Чемодуров В.Т., Перминов Д.А., Перминова Е.Г., 2012: Определение напряжений в поясе ригеля рамного узла стального каркаса. Будівництво в сейсмічних районах України. – Київ: ДП НДІБК. – 518–524.

METHOD OF DETERMINING THE DISTRIBUTION OF TENSION IN THE BELTS BEAM OF MOMENT-RESISTING KNOT

Summary. The technique of definition of tension in a belt of a crossbar of frame knot of a steel framework with a column of box-shaped section is considered. The offered technique is based on definition of a deflection of a wall of a column by methods of the theory of elasticity and further calculations using the software package.

Key words: column, wall, deflection, belt, tension, rigidity.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОРРОЗИИ ДЫМОГАРНЫХ ТРУБ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ И ИХ ЗАЩИТЕ

Владлен Корохов, Нелли Бусарова

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

г. Симферополь, ул. Павленко, 5, корпус 2, к. 301.

E-mail: midkk@mail.ru

Аннотация. Наиболее характерные виды коррозии стали – это химическая и электрохимическая. Распознавание происшедшего процесса коррозии разрушения стальных элементов конструкций, позволяет осуществить защиту их путем повышения химического сопротивления конструкционных материалов, изоляции поверхности металлов от агрессивной среды, понижением агрессивности обрабатываемого материала или воздействием электрического тока. Представлены результаты диагностического анализа необычного коррозионного разрушения значительного числа дымогарных труб нескольких водогрейных котлов, которые позволили определить причины, вызвавшие их электрохимическую коррозию и разработать мероприятия по профилактической защите котлов от подобного их разрушения.

Ключевые слова: котлы, водогрейные, металл, коррозия, химическая, электрохимическая, разрушения.

ВВЕДЕНИЕ

Коррозионное разрушение металлических материалов в результате физико-химического взаимодействия их с компонентами окружающей среды снижает долговечность или за короткое время полностью выводит из строя многие металлические конструкции, контактирующие с газовой или жидкостной средой. Особую опасность это представляет для устройств гидротехнических сооружений, водоснабжения, систем отопления. Одной из важнейших задач по повышению надежности и долговечности теплотехнических сооружений является изучение характерных особенностей и причин коррозии в конкретных условиях их эксплуатации и организация мероприятий по предотвращению коррозии, а также устранение её последствий. Представленные результаты диагностического анализа необычного коррозионного разрушения значительного числа дымогарных труб нескольких водогрейных котлов, позволили определить сложное сплетение причин, вызвавших их электрохимическую коррозию, и разработать мероприятия по профилактической защите котлов от подобного их разрушения.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДА

Как известно [1], коррозия металлов происходит за счет образования оксидов и других соединений вследствие химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой. Поэтому коррозию принято делить на две большие группы: химическую и электрохимическую.

Произвольное взаимодействие металла с окислительным компонентом внешней среды, происходящее в одном акте и не зависящее от его потенциала, представляет собой **химическую коррозию**. При химической коррозии происходит разрыв металлической связи атомов металла, и соединение этих атомов химической связью с атомами, которые входят в состав окислителей, отнимающих валентные электроны металла. Химическая коррозия возможна в любой коррозионной среде, но чаще, если коррозионная среда не является электролитом. К этой группе относятся газовая, высокотемпературная коррозия при отсутствии электролитов на поверхности металла, коррозия в жидких электропроводных средах.

Процессы коррозии в водных растворах солей, кислот и щелочей, в воздушной атмосфере и других газах, содержащих влагу, имеют электрохимическую природу [16]. Все перечисленные среды представляют собой ионные проводники электрического тока – электролиты. Процесс самопроизвольного взаимодействия металла с электролитом, при котором происходит растворение металла и в электролит переходят положительно заряженные ионы, заряжая его положительно, а металл при этом заряжается отрицательно, **называется электрохимической коррозией** [4]. По этому признаку корродируют большинство металлоконструкций.

Способность металлов к коррозии или их устойчивость против коррозии определяется электронным строением атомов, числом валентных электронов во внешней электронной оболочке, прочностью связи этих электронов с атомным ядром.

окружающей средой и оценивается величиной электродного потенциала. По потенциалам двух металлов, соединенных в электролите, определяется, какой из металлов будет корродировать, т.е. разрушаться, и он является анодом, замедляя коррозию другого.

Склонность металла к электрохимической коррозии определяется тем, с какой легкостью он отдает электроны при взаимодействии с

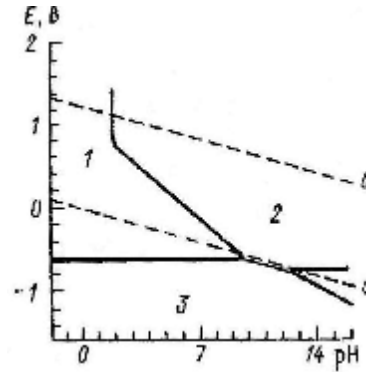


Рис.1. Диаграмма Пурбэ для железа:
1 – зона коррозии; 2 – зона пассивности; 3 – зона иммунитета

Fig.1. Diagram of Пурбэ for iron:
1- is a zone of corrosion; 2- is a zone of passivity; 3- is a zone of immunity.

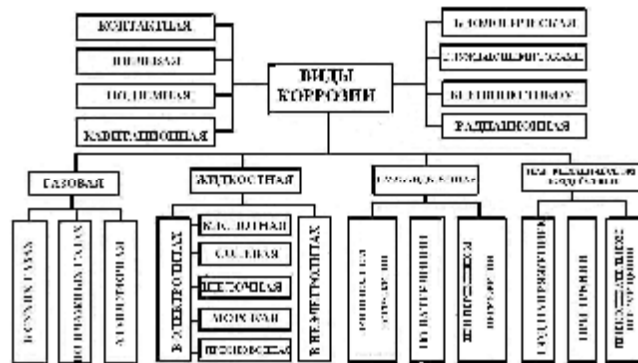


Рис.2. Классификация видов коррозии
Fig.2. Classification of types of corrosion

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОРРОЗИИ ДЫМОГАРНЫХ ТРУБ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

В такой паре [3] анод-металл с более отрицательным потенциалом, а катод – металл с более положительным. Основой электрохимической коррозии металлов является процесс образования и работы гальванических пар [1].

Поскольку структура металлических сплавов неоднородна и кристаллы различаются электродными потенциалами, то между кристаллами в электропроводной жидкости возникают микрогальванические пары, разрушающие этот сплав. На принципе образования гальванической пары основана и электрохимическая защита металлических конструкций от коррозии – это протекторная защита [5], при которой в электролите создается гальваническая пара из металла защищаемого изделия (катод) и контактирующего с ним протектора – из другого металла, с более отрицательным потенциалом (анод). Интенсивное разрушение анода защищает от коррозии основное изделие. В электропроводной воде, как морская, принимается отношение поверхности протектора к поверхности основной конструкции в пределах от 1/200 к 1/1000.

Условия электрохимического равновесия между металлами и продуктами их окисления в координатах «потенциал – рН» приводятся на диаграммах Пурбэ [6]. Диаграмма Пурбэ для железа показана на рис. 1

На диаграмме Пурбэ для железа зона иммунитета 3 означает термодинамическую невозможность протекания процесса коррозии. В зоне 2 наблюдается уменьшение скорости коррозии металла за счет образования на его поверхности фазовых или адсорбционных слоев, например оксидов, которые вызывают торможение анодной реакции ионизации металла.

На коррозионные процессы влияет большое количество факторов, поэтому и сама коррозия не может быть однообразной. Классификация видов коррозии приведена на рис. 2 [16].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА, ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучением особенностей коррозионного разрушения вырезок стальных дымогарных труб водогрейных двухходовых кожухотрубных котлов фирмы «Riello», эксплуатируемых в одной из котельных в г. Симферополе установлено

преобладание в их нижней части точечной коррозии по всей длине труб, а по дорожке верхней образующей этих же труб – избирательной язвенной коррозии и, местами, сквозной. Это указывает на закономерно повторяющийся коррозионный процесс, которому подвержены, примерно в одинаковой мере, все трубы котла, и в тоже время, не одного, а нескольких котлов, установленных в указанной котельной. Системность множества повторяющихся однотипных картин разрушения труб, а не разнообразие, которое бы свидетельствовало о случайном характере причин коррозии, указывает на необычность и стабильность действия одной или нескольких причин такого разрушения.

С целью разработки мер предупреждения массового коррозионного разрушения труб котлов, определена необходимость последовательного решения ряда задач, первостепенная из которых состоит в выяснении механизма необычных коррозионных образований такого расположения и закономерности этого процесса. Это основное условие решения последующих задач, таких как выявление вероятной совокупности факторов, порождающих установленный процесс коррозии, и разработка мероприятий по предотвращению коррозии устранением её причин.

В данном случае целесообразно изучить и систематизировать в рассматриваемых трубах котлов наличие преобладающих признаков химической или электрохимической коррозии стали и установить, в результате какой закономерности процесса оказалась одинаковой картина разрушения труб нескольких котлов.

Химической коррозии мог способствовать состав жидкости [5] с растворенными в ней солями, кислотами, щелочами. С другой стороны, коррозии мог способствовать, и химический состав стали с повышенным содержанием серы. При однородном составе жидкости или металла возникает равномерная коррозия, покрывающая поверхность изделия [9]. В наблюдаемом случае, коррозия явно неравномерна.

При химической коррозии неравномерность, избирательность глубокого язвенного поражения стенок труб только на верхней и нижней их образующих могла произойти вследствие расслоения неоднородной химически агрессивной жидкости [15]. Поскольку, как указано выше, следы коррозии расположены в основном вдоль линии

нижней и верхней образующих каждой трубы, то это могло произойти в том случае, когда неоднородность расположения агрессивных составляющих жидкости подчинялась бы именно такой упорядоченной закономерности. Но этот фактор исключается, не только по своей невероятности, а и потому, что холодная вода, которую закачивали в котлы, подвергалась предварительной фильтрации, обработке и химическому анализу Агрессивных компонентов в ней не обнаружилось. Другой фактор - это некачественная сталь труб, содержащая высокое количество серы, неравномерно расположенной в поперечном сечении трубы. Вероятность такой именно системной неравномерности – тоже несостоятельна, т.к. результаты химического анализа показали, что сталь труб полностью соответствует регламентированной техническими условиями стали 20, многократно проверенной в работающих котлах. В соответствии с действующим стандартом, в составе качественной углеродистой стали 20, содержится углерода от 0,18% до 0,22%, допускаемое содержание серы от 0,03% до 0,035%, в тех же пределах и содержание фосфора [10]. При таком химическом составе стали 20, как показывает практика, избирательная химическая коррозия не возникает. Если же содержание серы в стали превышает 0,05%, и она неравномерно расположена, то возможна язвенная коррозия.

По имеющимся данным, характеризующим однотипность коррозионного разъедания большого количества труб нескольких котлов, с большой вероятностью следует, что это электрохимическая коррозия и возникла она в результате воздействия электрического тока, протекающего по трубам и по электропроводной воде котлов.

Электрический ток может попасть в нагреваемые трубы и воду котла через замкнутую систему трубопроводов от заземленных электродвигателей, сварочных агрегатов и иных устройств, имеющих электропроводный контакт со всей системой отопления и водоснабжения. Учитывая, что указанная коррозия труб возникла только в период текущего отопительного сезона, то этот источник электрического тока, вызывающий коррозию, возник недавно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Целесообразно рассмотреть факторы, определяющие особенности образования и протекания электрохимической коррозии труб.

Холодная вода, попадая в межтрубное пространство котла, уже заполненного горячей водой, сразу опускается вниз. Эта вода является ионным поляризованным проводником (электролитом) электрического тока, идущего от источника по подводящей и отводящей трубе, по всему объему котла. Взаимодействие холодного электролита с разогретыми трубами начинается в нижней их части (в катодной области «-»), откуда в трубу ВХОДИТ электрический ток. В местах входа электрического тока в металл и выхода тока в электролит протекают электрохимические реакции электролиза с выделением кислорода и разрушением (растворением) металла. В этой нижней катодной области электролиз образует точечные каверны в стали труб [5]. Электрический ток ВЫХОДИТ из трубы через верхнюю область (анодную «+»), с образованием электрических полей в виде замкнутых силовых линий вокруг этого трубчатого проводника. Именно в местах ВЫХОДА электрического тока из металла труб в электролит металл разрушается особенно сильно – иногда с образованием сквозных отверстий [8]. Такая коррозия подобна известной электрохимической коррозии, протекающей под воздействием блуждающих токов во влажной земле, где расположена конструкция. Но в рассматриваемом случае коррозия отличается упорядоченным расположением в верхней и нижней части труб) прокорродировавших участков.

Рассмотренный процесс коррозии в трубах котлов протекал интенсивно, образовав за полгода отверстия в стенках толщиной до 3мм. Этому способствовали такие объективные факторы, как [9]:

-поляризация металла труб от внешнего постоянного или переменного источника электрического тока, образовавшего язвы в местах стекания его (анод) в электролит;

-высокая температура металла труб, нагретых до 90...100 градусов С⁰ и нагрев этими трубами электролита с возрастанием его электропроводности и скорости диффузии окислителя к поверхности стали, такой нагрев электролита увеличивает скорость электрохимического процесса в десятки раз;

-движение электролита относительно поверхности труб облегчало диффузию кислорода – окислителя к поверхности стали;

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОРРОЗИИ ДЫМОГАРНЫХ ТРУБ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

-давление жидкости в котле до 4 кгс/см² повысило растворимость газов и гидролиз солей, а также вызвало определенные механические напряжения в стали труб, что в совокупности тоже интенсифицировало электрохимическое взаимодействие стали с электролитом;

-наличие ионов хлора в воде также ускорило электрохимический процесс.

Таким образом, толчком к активизации указанных факторов в электрохимической коррозии труб, омываемых водой, послужило воздействие попадающего в котел электрического тока.

Для уточнения обстоятельств, вызывающих электрохимическую коррозию труб котлов, необходимо на тепловой станции выполнить следующие мероприятия:

Выяснить, существует ли на тепловой станции единый контур заземления оборудования или несколько автономных контуров. Не выходит ли провод или полосовая шина контура зацепления за пределы территории хозяйства, к которым могут подключить (заземлить) электрооборудование с вероятной утечкой электрического тока.

Проверить надежность заземления на соответствие его установленным нормам, которое должно быть менее 4 Ом.

Проверить электросопротивление изоляции всех электродвигателей, сварочных агрегатов и другого оборудования хозяйства, которое заземлено постоянно или заземляют периодически. Это необходимо для выявления вероятной утечки электрического тока в заземление, к которому подключены и котлы.

Проверить надежность заземления котлов и заземление электродвигателей системы подачи газа, установленных на котлах.

Проверить заземлены ли трубопроводы подачи воды в котлы и трубопроводы, отводящие нагретую воду. Они должны быть надежно заземлены.

Проверить в разное время суток разность потенциалов:

- на соединительных фланцах между трубопроводами подачи и отвода воды;

- между заземлением и каждым из этих фланцев трубопроводов;

С привлечением службы энергонадзора выяснить возможный факт нелегального использования электроэнергии, при котором нелегальный потребитель подключает оборудование к фазовому проводу электросети, а вместо нулевого использует трубопровод системы отопления или водоснабжения, который заземлен через котлы.

Электрический ток при этом от неизвестного источника может попадать к котлам по трубопроводам подачи и отбора воды и по электропроводной воде.

ВЫВОДЫ

1. Изученное разрушение дымогарных труб водогрейных котлов с выходом их из строя в результате образования в стенках труб глубоких коррозионных раковин и сквозных отверстий произошло вследствие электрохимической коррозии под воздействием электрического тока, который попадал к трубам котлов.

2. Процесс коррозии труб протекал очень интенсивно – за один отопительный сезон на указанной котельной города водогрейные котлы вышли из строя. На других котельных г. Симферополя такие же котлы фирмы «Riello» работают уже несколько лет без признаков течи в трубах.

3. В воде, поступающей в котлы для нагрева, не обнаружены химически агрессивные составляющие, вызывающие коррозионное разрушение стали. Химический состав стали труб, полностью соответствует стали 20, которая используется во всех котлах указанной фирмы и не содержит в себе включений, вызывающих коррозию.

4. Помимо основной причины возникновения электрохимической коррозии в стенках стальных труб, этому процессу несколько способствовали повышенная электропроводность нагретой воды, движение этой воды, давление в котле. Таким образом, толчком к активизации указанных факторов в электрохимическом взаимодействии стальных труб с омываемой их водой, послужило воздействие попадающего в котлы электрического тока.

5. Если намеченными проверками не удастся обнаружить, откуда электрический ток поступает к котлам и вызывает их электрохимическое коррозионное разрушение, то необходимо устранить все вероятные пути попадания электрического тока к котлам. Для этого необходимо выполнить комплекс следующих мероприятий:

5.1. Отсоединить котлы от действующего контура заземления, к которому могут быть присоединены другие устройства с утечкой электрического тока, попадающего к котлам.

5.2. Электроизолировать котлы от установленных на их корпусах электродвигателей системы подачи газа, оставив сами электродвигатели заземленными на общий контур. Это исключит попадание к котлам электрического тока возможных утечек от общего контура заземления.

5.3. Электроизолировать котлы от трубопроводов подачи холодной воды в них и отведения горячей воды. Для этого во фланцевых соединениях трубопроводов с патрубками котлов разместить между фланцами электроизолирующие прокладки, а соединительные болты электроизолировать надетыми на них пластиковыми трубками и шайбами под гайки и головки болтов.

5.4. Исключить попадание в котлы электрического тока с закачиваемой и отбираемой водой. Для этого изготовить электро-дренажные устройства для холодной и горячей воды, разместить их в принимающем и отводящем трубопроводе котлов между фланцевыми соединениями, заземлить их к автономным заземлениям многожильным проводом высокой электропроводности диаметром более 6 мм. В этих решетчато-пластинчатых электро-дренажных устройствах из алюминиевого сплава с высоким значением электроотрицательного электродного потенциала (-1,660) вода будет отдавать электрический ток пластинчатым перегородкам, соединенным с обечайкой. От дренажа по заземляющему проводу ток будет уходить в автономное заземление, изготовленное из магниевого сплава с аналогично высоким электроотрицательным электродным потенциалом. Такое дренажное устройство и заземление обеспечат достаточно надежную протекторную защиту труб котлов от электрохимической коррозии, которая происходила при воздействии электрического тока. Протекторная защита каждого котла от коррозии включает в себя два элемента – это заземлители и соединенные с ними дренажные устройства. Дренажное устройство необходимо изготовить из алюминиевого сплава, легированного цинком в количестве 5%. Для этого использовать лист толщиной от 1,5 мм до 2 мм. Соединения пластинчатых перегородок в обечайке и присоединения фланцев к обечайке – для закрепления устройства в трубопроводе, выполнить аргоно-дуговой электросваркой. Для каждого котла необходимо изготовить по два дренажных устройства, которые нужно закрепить во фланцевых соединениях патрубков котлов с трубопроводами подачи и отбора воды.

5.5. Выполнить два автономных двухфункциональных заземления из магниевого сплава, соединив с ними электро-дренажные устройства для воды и фланцы патрубков котлов (т.е. котлы) [11].

Заземлитель выполняет две функции: протекторную защиту котлов от коррозии, являясь жертвенным анодом и индивидуальное заземление, как таковое, используемое только для котлов. Для такой электрохимической защиты труб котлов он должен быть изготовлен из металла тоже с высоким электроотрицательным электродным потенциалом. Для этого рекомендуется сплав магния с 6% алюминия, 3% цинка и 0,2% марганца. Эти элементы повышают долговечность заземлителя. Электроотрицательный потенциал такого сплава большой и составляет -2,370, что значительно усиливает эффективность [12] защиты от электрохимической коррозии. Указанные сплавы используются в системах протекторной и катодной защиты, газовых, водопроводных и тепловых сетей, других подземных конструкций, а также для защиты стальных корпусов морских судов. Должно быть выполнено два автономных заземления с такими заземлителями. Располагать заземлители необходимо на глубине от 2 м до 3,5 м; на расстоянии от защищаемого объекта – от 3 м до 6 м, расстояние же между автономными заземлителями 5-6 м. Эти расстояния зависят от влажности и электропроводности грунта. При устройстве заземлений для ответственных объектов с целью обеспечения надежного и длительного электрического контакта металла заземлителя с землей, в ряде случаев заливают их соленой водой, используя 5-6 кг соли на 40-50 литров воды. К заземлителям должны быть приклепаны или приварены шины-полосы с выходом из земли; к концам этих шин, находящимся на воздухе, присоединять клеммы проводов от заземляемого объекта. Оба заземления предназначены для защиты от коррозии двух или трех котлов, при этом необходимо СТРОГО разделить функции этих одинаковых заземлений, пронумерованных двумя порядковыми номерами: к заземлению №1 присоединить дренажи и фланцы патрубков, **подающих** воду в котлы, а к заземлению №2 присоединить дренажи и фланцы патрубков, **отводящих** воду из котлов.

Особое внимание необходимо обратить на то, что протекторные заземления должны быть соединены с дренажами и фланцами патрубков именно котлов, а

не с фланцами магистральных трубопроводов, которые должны быть отделены от них электроизоляционными прокладками. Сами же трубопроводы должны быть заземлены на общепользуемом контуре заземления [4]. Дренажные устройства, встроенные в линии подачи и отвода воды и жертвенный анод из магниевой сплава, находящийся в грунте в качестве заземлителя, защищают трубы котла от электрохимической коррозии, а сами в процессе работы котлов растворяются вместо этих труб. При значительном растворении дренажа и заземлителя снижается эффективность этих устройств и их необходимо обновлять через несколько лет. Срок их службы зависит от напряжения и продолжительности протекания электрического тока, провоцирующего коррозию, от электропроводности воды, от химических и электрофизических характеристик грунта, а также от сочетания рассмотренных выше факторов интенсифицирующих электрохимический процесс. Экономически выгоднее через каждые 3-4 года обновлять дренажи и заземление, чем через каждый год ремонтировать котлы, пораженные коррозией. А самое эффективное – это устранить первопричину попадания электрического тока к котлам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Н.Н., 1984. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. // Москва. – Стройиздат. – 283.
2. Алексеев М.И., 1990. Городские инженерные сети. // Ленинград.- Стройиздат. – 384.
3. Антропов Л.И., 1994. Теоретическая электрохимия. // М.: Высшая школа. – 230.
4. Беркман Я.И., 1987. Справочник инженера – сантехника. // Киев.: Будівельник.- 477.
5. Глазков В.И., Зиневич А.М., Котик В.Г., 1969. Защита от коррозии протяженных металлических сооружений. // М.:издательство «Недра». -311.
6. Григорьев В.П., 2000. Электрохимическая коррозия металлов. // Ростов-на-Дону.: Ростовский госуниверситет. Образовательный журнал, Том 6, №9, 61-72.
7. Зайченко Л., Нездойминов В., Задорожная Е., 2012. Проблемы централизованного и муниципального водоснабжения в Донецком регионе.// MOTROL. Vol. 14, №6, 57-62.
8. Колотыркин Я.М., 1985. Металл и коррозия. – М.: Металлургия. – 88.
9. Корохов В.Г., Лавринев П.Г., 2007. Предпосылки непрогнозируемого внезапного разрушения конструкций. // Строительство и техногенная безопасность. - №19-20, 68-71.
10. Митрофанов В.А., Бордюг А.А., 2004. Характерные коррозионные повреждения морских сооружений на континентальном шельфе. // Строительство и техногенная безопасность. - №9, 69-75.
11. Мурадов А.В., 2002. Защита от коррозии объектов нефтегазового комплекса. //Р.: Газовая промышленность. - №2, 100-116.
12. Орловская Е.В., Чак Н.А., 2005. Микробиологическая и химическая коррозия бетонов, в том числе модифицированных серой. // Строительство 12, 109-115.
13. Салиев Э., Степанцова Н., 2012. Анализ износа инженерных сетей водоснабжения и водоотведения г. Красноперекоска. // MOTROL. Vol. 14, №6. 251-258.
14. Субботкин Л., Копачевский А., Денисова А., 2012. Исследование процессов физико-химической очистки сточных вод молочных заводов. // MOTROL. Vol. 14, №6, 183-188.
15. Томашов Н.Д., Чернова Г.П., 1986. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы. - М.: Металлургия. – 359.
16. Улиг Г.Г., Ревы Р.О. Коррозия и борьба с ней: Введение в коррозионную науку и технику. Л. – Химия. – 456.
17. Фокин Г.С., 1994. Коррозия и защита от коррозии. // М.: Энциклопедия международных стандартов. – 310.
18. Шабалин А.Ф., 1963. Эксплуатация промышленных водопроводов. – М.: Госстройиздат. – 448.

ABOUT FEATURES OF CORROSION OF FIRE-TUBE PIPES HOT-WATER BOILERS AND TO THEIR DEFENCE

Summary. The most characteristic types of corrosion became - it chemical and electrochemical. Recognition of taking place process of corrosion of destruction of steel elements of constructions, allows to carry out defence their way of increase of chemical resistance of construction materials, isolations of surface of metals from an aggressive environment, lowering of aggressiveness of the processed material or influence of electric current. The results of diagnostic analysis of unusual corrosive destruction of good few of fire-tube pipes of a few hot-water boilers, that allowed to define reasons causing their electrochemical corrosion and to work out measures on the prophylactic protecting of caldrons from their similar destruction, are presented.

Key words: caldrons hot-water, metal, corrosion, chemical, electrochemical, destructions.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Геннадий Тонкачиев, Андрей Голядинец

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Адрес: 03780, Украина, г. Киев, просп. Воздухофлотский, 31
e-mail: troyabds@mail.ru

Аннотация. Основное внимание статье уделяется рациональным конструктивным решением и методам возведения отдельных фундаментов каркасных зданий. Приводится сравнительный анализ наиболее распространенных вариантов таких конструкций. Также значительное внимание уделяется преимуществам и недостаткам различных технологических решений возведения отдельно стоящих сборно-монолитных фундаментов.

Ключевые слова: отдельный фундамент, каркасное здание, сборно-монолитный, конструктивное решение, технология, технико-экономическое сравнение.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития строительной отрасли Украины наблюдается приоритетная тенденция увеличения доли использования монолитных железобетонных конструкций. Распространение материала обусловлено тем, что данный конструктивный материал позволяет обеспечить высокую прочность и пространственную жесткость сооружения, отличные физико-механические показатели, долговечность, противостояние влиянию температуры и влажности, сравнительно небольшие материальные затраты и возможность создания нетипичных объемно-планировочных решений. Именно поэтому, в настоящее время, активно монолитный железобетон используют для возведения сложных промышленных и инженерных сооружений, а также для жилищного и административного строительства [1,2].

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

По данным рис. 1, железобетон имеет высокий коэффициент использования по сравнению с другими конструкционными материалами, [12]:

$$K_E = q/Q, \quad (1)$$

где q - годовой объем использования железобетона;

Q - годовой объем использования всех строительных материалов.

Полученные статистические данные позволяют нам сделать вывод, что в настоящее время доля использования монолитного железобетона является достаточно высокой, а кроме того наблюдается тенденция возрастания данного показателя. А это приводит к необходимости решения проблемы по сокращению сроков возведения зданий и сооружений, улучшениями показателей трудоемкости и затрат материальных ресурсов. Существующая технология устройства монолитных фундаментов имеет ряд недостатков, от которых в значительной степени зависят технико-экономические показатели выполнения работ. К ним относится высокая трудоемкость возведения. Статистические данные свидетельствуют, что 41...50% затрат труда направлено на выполнение опалубочных, 15...19% - арматурных, 35...40% - бетонных работ. [10]. Также следует учесть, что 6,8% от общей численности работников всего строительного участка заняты при возведении монолитных конструкций, по сравнению с 0,4% - при возведении сборных конструкций [3, 5].

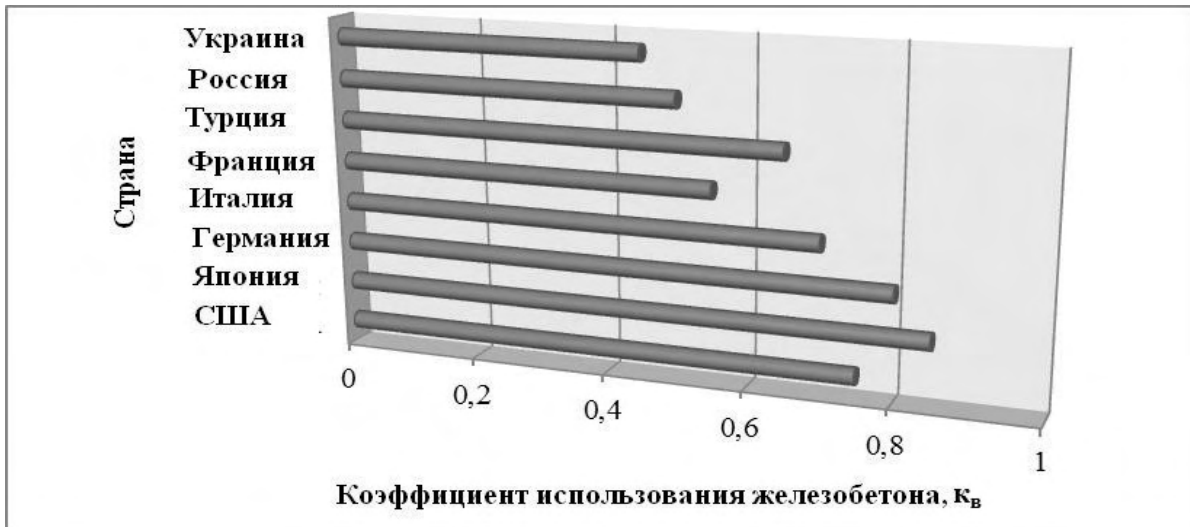


Рис. 1. Сравнительный анализ коэффициента использования бетона

Fig. 1. Comparative analysis of coefficient of the use of concrete

По структуре технологических процессов 17... 25% материальных затрат на устройство монолитных железобетонных конструкций приходится на монтаж опалубки и ее снятие, 20-25%- монтаж арматурных изделий, 55...60%- транспортировка и укладка бетонной смеси [6,8].

Использование сборного железобетона также имеет ряд преимуществ и недостатков, при сравнении с монолитным. Основными недостатками являются увеличенная стоимость, ухудшение пространственной жесткости и типизация элементов. Такой тип материала целесообразно использовать в случае, когда фундаменты состоять из одного блока и имеют небольшие размеры и массу. Поскольку монтаж сборных фундаментов из нескольких частей приводит к перерасходу арматурных изделий и необходимости использования монтажных механизмов с большими грузовысотными характеристиками.

С целью рационального использования положительных качеств двух конструктивных материалов, в виде совместной работы как единого целого, целесообразно их комбинирования в сборно - монолитную железобетонную систему. Структура комплексного процесса возведения таких конструкций является комбинацией сборных и монолитных технологий.

В состав сборно - монолитных конструкций входят сборные элементы заводского изготовления и монолитная часть, которая устанавливается на месте возведения фундаментов. Такое совмещение известно с конца IX века. Например при возведении

Преображенского дворца в г. Санкт - Петербург в 1891г.. Первые патенты были получены инженерами А. Циглером 1937 году и В. Михайловым в 1947 году [7].

К преимуществам сборно - монолитных конструкций можно отнести уменьшение массы сборных элементов, возможность возведения без устройства опалубки и соответственно снижение трудоемкости, минимизация арматурных и монтажных работ, монолитность и жесткость системы и др. Установленные в проектное положение сборные конструкции позволяют выполнять дальнейшие работы по бетонированию без технологических перерывов [4].

Как показывает практический опыт, продолжительность возведения сборно-монолитных конструкций может сокращаться до 4-х раз, трудоемкость - до 2-х раз по сравнению с монолитными конструкциями. Также обеспечивается снижение материальных затрат до 40 % (рис. 2) по сравнению со сборными конструкциями. Высокая эффективность сборно-монолитных конструктивных материалов позволяет использовать их для отдельно стоящих фундаментов каркасных зданий. Также целесообразно использование таких конструкций в условиях наличия грунтовых вод.

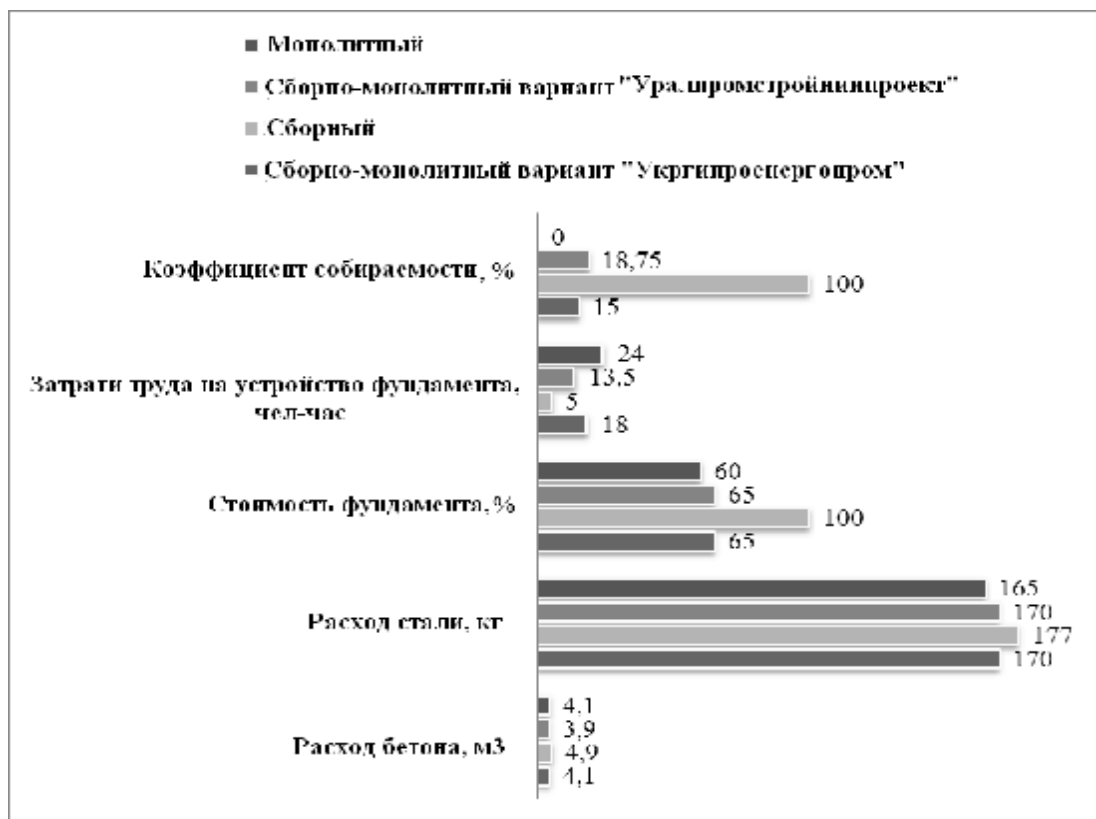


Рис. 2. Техничко-экономическое сравнение различных типов фундаментов под колонны

Fig. 2. Technical and economic comparison of different types of foundations under columns

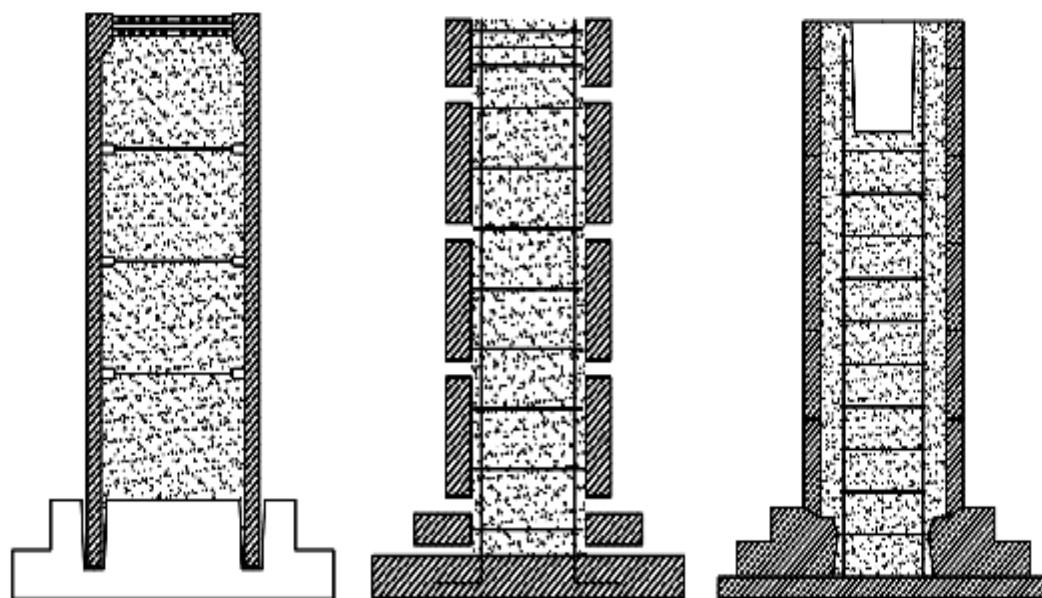


Рис. 3. Сборно-монолитные фундаменты: а) ЦНИИОМПТ б) «Укрэнергопром»; в) «Уралпромстройинипроект»

Fig. 3. Precast-monolithic foundation: a) TSNIIOMPT b) "Ukrproenergoпром" c) "Uralpromstroyniiiproekt"

Примером разработки сборно-монолитных фундаментов можно привести опыт институтов «Укрэнергопром» и «Уралпромстройинипроект» и других (рис. 3). Также в данном

направлении активно трудились научно-исследовательские институты, предприятия и лаборатории [11].

Сборно-монолитные конструкции классифицируются на 3 класса:

1 - сборные элементы воспринимают все нагрузки и служат несущей опалубкой, НЕ требуют устройств временных опор в процессе возведения;

2 - сборные элементы воспринимают часть нагрузки, служат опалубкой, но требуют устройств временных опор в процессе возведения;

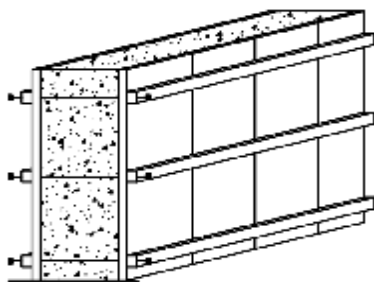
3 - сборные элементы несущей функции не исполняют, а служат только в качестве рабочей арматуры. Также, в последнее время в отечественных научно-исследовательских институтах, ведется работа над разработкой новых видов эффективных опалубочных систем. Проектируется снижение трудоемкости монтажа, уменьшение расхода материалов, времени и тяжелого ручного труда. Вместе с тем остается достаточно актуальным вопрос использования опалубки на основе унификации отдельных элементов, повышение качества выполнения работ, увеличение оборачиваемости и т.п.. Одним из основных способов решения данной проблемы является использование несъемных формообразующих опалубок, которые после постройки остаются в монолитной конструкции и работают с основным бетоном как одно целое. По сравнению с более привычными видами, такими как блок-формы или щитовые, следующие типы опалубок позволят не только значительно сократить затраты времени на выполнение опалубочных работ, но и позволяют уменьшить расходы на армирование. Как материал для несъемных опалубочных систем, целесообразно использовать армоцемент, железобетон, стеклоцемент и фибробетон. Необходимым условием является возможность восприятия усилий, возни-

кающих при бетонировании. По форме формообразующих плит несъемные опалубки для отдельных фундаментов бывают: плоские, L - образные, тонкостенные, самоанкерующиеся, блочные а также сетчатые -е (рис. 4) [6 , 8].

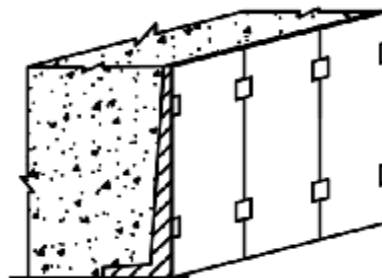
На рис. 5 отражено отношение затрат на возведение отдельных фундаментов в инвентарной и несъемной опалубки.

К разработкам последних лет можно отнести фундаменты оболочки, возводимых в утрамбованных котлованах. Технологический процесс возведения такого типа фундаментов состоит из выполнения последовательных операций, приведены на рис. 6 .

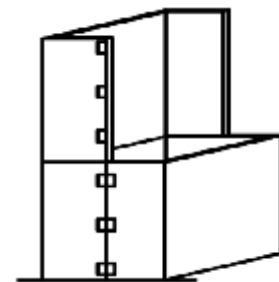
С конструктивной точки зрения, можно выделить сетчатую опалубку, выполнение которой имеет ряд особенностей. Устраивается она креплением металлической или синтетической сетки с мелкими ячейками к основному арматурному каркасу конструкции с помощью специальных предварительно устроенных стержней. После этого следует процесс укладки бетонной смеси с усадкой конуса 8 см по одной из известных технологий. Далее бетон выдерживается до набора проектной прочности и конструкция готова к выполнению своей несущей функции. Также эффективным решением с точки зрения технологичности выделяется опалубка без промежуточных опор. Особенностью ее является трапециевидные проемы в основе опалубки. Данные элементы устраиваются на плоские плиты без вырезов, которые закреплены анкерным креплением к подготовленной основе. Далее укладываются армирующие каркасы и опалубочные формы с трапециевидными вырезами 5...7 см ниже высоты предыдущей ступени фундамента. Это обеспечивает возможность эффективного бетонирования нижних ступеней и монолитность всей конструкции [6]



а(а)



б(б)



в(в)

РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

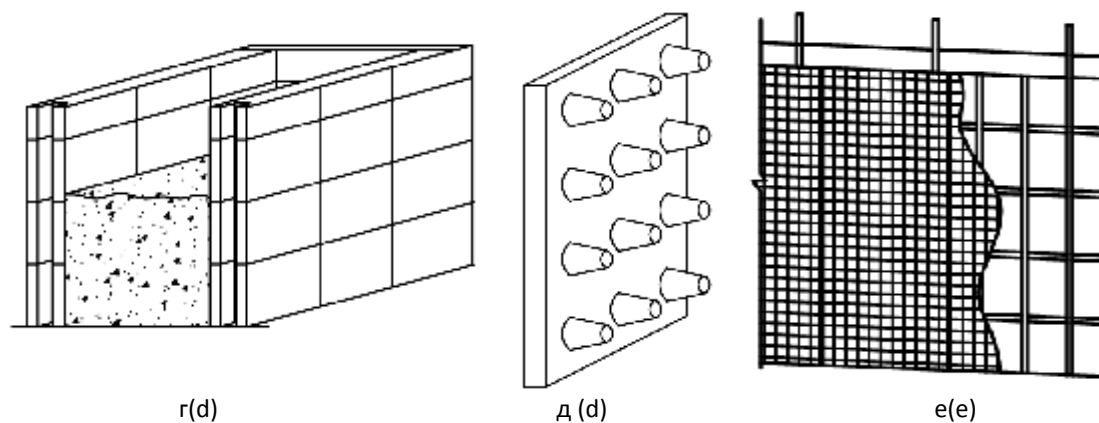


Рис. 4. Виды несъёмных опалубок: а) плоская; б) L-подобна; в) тонкостенная; г) блоковая; д) самоанкерующая; е) сетчатая
 Fig. 4. Types of non-removable formwork: a) flat b) L-like, c) a thin-walled, d) bloc; d) anchor e) mesh

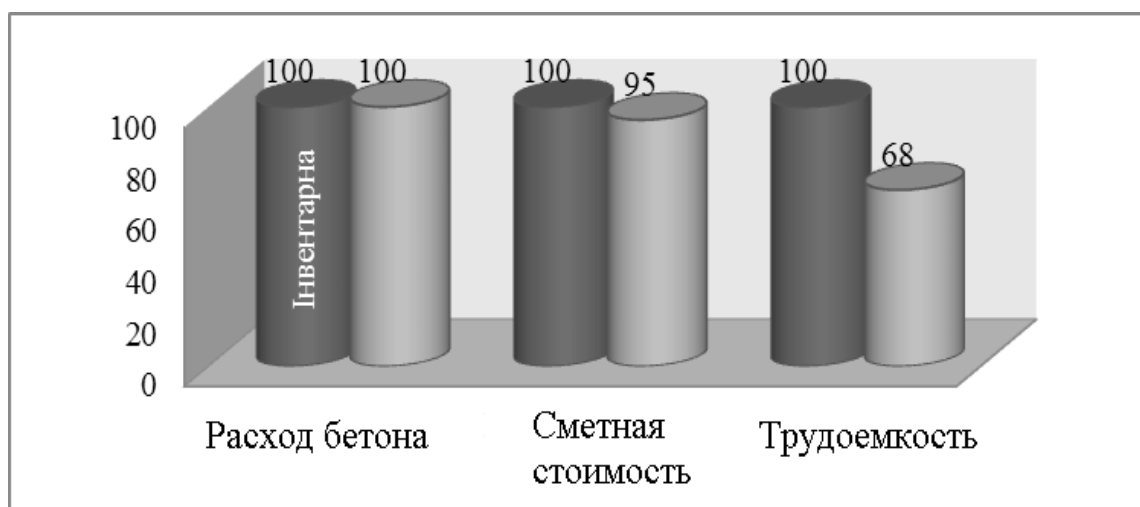


Рис. 5. Сравнение деревянной инвентарной и несъёмной опалубок, %

Fig. 5. Comparison of inventory and fixed wooden formwork, %

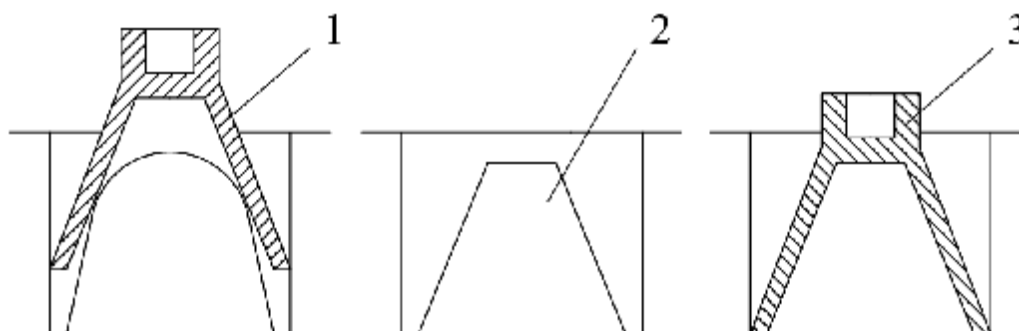


Рис. 6. Последовательность устройства фундаментов в утрамбованном котловане: 1 - нагрузка грунта специальным штампом, 2 - образование формы с грунтового основания, 3 - установка сборного фундамента (или замоноличивания бетонной смесью)

Fig. 6. The sequence of installation of foundations in tamped down the pit: 1 - load a special stamp of soil, 2 - education forms a soil base, 3 - Installation of precast foundation (or embedment of concrete mix)

Кроме того, вариант, который целесообразно применять при возведении отдельных сборно - монолитных фундаментов под колонны жилых зданий является безопалубный железобетон, технологический процесс выполнения которого включает в себя 7 стадии:

1 - заготовка и сборка сварных арматурных каркасов, обтяжка их металлической сеткой;

2 - установка готового изделия в проектное положение;

3 - нанесение на арматурные изделия цементного оштукатуривания (1,5-2 см);

4 - набор проектной прочности раствора;

5 - установление основных арматурных сеток или каркасов в полученную опалубку;

6 - заполнение готовой конструкции бетон- ным раствором;

7 - выдерживание и уход за бетонной смесью, и набор прочности согласно проектного значения. Основным преимуществом безопалубного железобетона является отсутствие необходимости выполнение работ связанных с устройством опалубки, та-ких как: распалубливание, затирка поверхности бе- тонной конструкции, устранение дефектов бетонирования и т.п. Данный факт, как и возможность выполнения отделочных работ после выполнения работ 4 стадии, позволяет значительно уменьшить сроки возведения конструкций. Кроме того, при использовании приведенного конструкционного материала, возможно

умень- шения размеров строительной площадки в связи с отсутствием площадок складирования опалубочных материалов. Экономия при использовании безопалубочного железобетона в среднем составляет 6...15 % от общей стоимости строительства.

Одним из эффективных решений с конструктивной точки зрения, является выполнение отдельного фундамента круглой формы, что позволяет работать конструкционным материалам в пределах призмы продавливания и эффективнее регулировать расходы железобетона. Разработанная опалубка английским ученым М. Пьюрифом для соответствующего фундамента изображена на рис.7 и представляет собой фибровую трубу с поли- мерного материала закрепленную по периметру стягивающими стержнями [9].

Также в последние годы получает распространение тенденция снижение расхода материалов в строительстве. Как пример, можно привести фундаменты, что возводятся с пустотообразователей (рис.8). С этими целями используют картонные, пластиковые или другие синтетические вкладыши с целью выполнения коробчатого пустотного образования. Использование такого метода позволяет эффективно использовать основные несущие части отдельного фундаментом, и уменьшить расход материала на те места, где железобетон свою несущую функцию выполняет в меньшей степени[1].

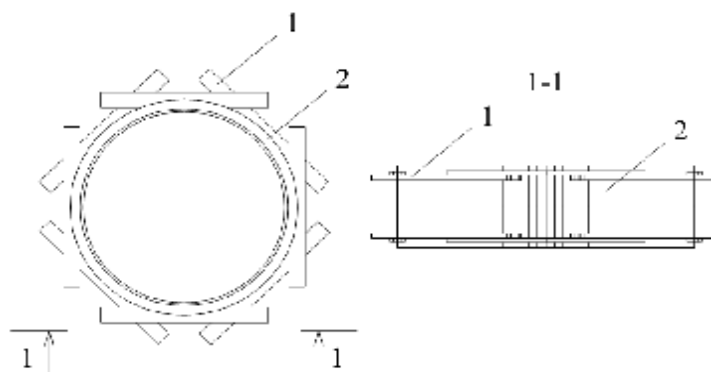


Рис. 7. Опалубка круглого сечения для отдельных фундаментов: 1 - стяжные элементы, 2 - полимерная труба

Fig. 7. Decking round for individual bases: 1 - clamping elements, 2 - plastic pipe

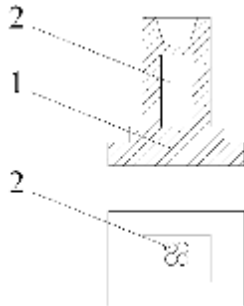


Рис. 8. Отдельный фундамент из пустотообразователей: 1 - массив фундамента, 2 - пустотообразователи
Fig. 8. A separate foundation of the blockout: 1 - an array of foundation, 2 - blockouts

ВЫВОДЫ

В результате анализа технологий возведения отдельных фундаментов, которые выполняются с использованием объединения сборных и монолитных конструктивных материалов, установлено, что эффективность данной технологии в условиях современного строительства недостаточно исследованы. Поэтому существует необходимость дальнейшего рассмотрения вопроса рациональных методов возведения таких конструкций.

ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасьев А. А., Данилов Н. Н., 1997. Технология строительных процессов: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк. – 464.
2. Бадеян Г. В., 2003. Технология и механизация возведения монолитных железобетонных конструкций. – К.: Наукова думка. – 406.
3. Беловол В. В., Липницький Р. Б., Романенко Б. К., 2007. Технологія зведення будівель і споруд/ навчальний посібник. – Суми: Довкілля. – 269.
4. Гольшев А. Б., 1982. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций. – К.: Будівельник. – 152.
5. Друкований М. Ф., Прилипко Т. В., Смоляк Н. В., 1999. Технологія процесів монолітного бетону та залізобетону. Навчальний посібник. /В.: ВДТУ. – 86.
6. Куликов Г., Казьмина А., Кондратьева Н., 2012. Задачи, определяющие характер реконструкции жилища // MOTROL. – Vol 14, №1, 137 - 139.
7. Шибанин В., Богза В., Богданов С.И., 2012. Расчет вероятности отказов конструктивного элемента сборно-разборных легких металлических конструкций // MOTROL. - Vol. 14, №2, 164 - 167.

8. Мацкевич А. Ф., 1986. Несъемная опалубка монолитных железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат. – 96.
9. Пономаренко Б. Н., Мирсянов В. Н., Резниченко С. М., Сидоренко Л. И., Жукова Т. Т., 2001. Технология строительных процессов. Ч. 2. – Краснодар: КГАУ. – 140.
10. Прохоркин С. Ф., 1981. Реконструкция промышленных предприятий: опыт Ленинградских строителей. – М.: Стройиздат. – 125.
11. Пьюрифой Р., 1981. Опалубка для бетонных конструкций. /Пер. с англ. Г. С. Кулиш. – М.: Стройиздат. – 212.
12. Соколов Н. С., 2001. Основания и фундаменты. Вопросы и ответы: Учебное пособие. – Чебоксары: ЧГУУ. – 105.
13. Сорочан Е. А., 1986. Фундаменты промышленных зданий. – М.: Стройиздат. – 303.
14. Спивак Ю. З., 1996. Современные системы опалубок, применяемые в строительстве за рубежом. – М.: ВНИИТПИ. – 92.
15. Морозова Е., 2012. Сейсмостойкость реконструируемых зданий средней этажности// MOTROL. - Vol 14, №1, 47 – 53.

RATIONAL METHODS OF SEPARATE FOUNDATION ASSEMBLING

Summary. Main attention of article is given to rational structural solutions and methods of construction of separate foundations of frame buildings. Is given a comparative analysis of the most common variants of such structures. Also, much attention is paid to the advantages and disadvantages of various technological solutions erection detached precast-monolithic foundation.

Key words: separate foundation, frame building, precast-monolithic, constructive solutions, technology, technical and economic comparison.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Леонид Бабицкий, Вадим Москалевич

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины
“Крымский Агротехнологический Университет”
Украина, АР Крым, г. Симферополь, пгт. Аграрное
e-mail: kaf-meh@rambler.ru

Аннотация. Проанализированы перспективы разработки машин и орудий для экологического земледелия в аспекте их энергетической эффективности. Обозначены пути совершенствования конструкций рабочих органов дисковаторов, плоскорезов и борон.

Ключевые слова: бионика, дисковатор, плоскорез, борона, колтер, энергозатраты.

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве развитых стран активно разрабатываются и осваиваются биологические методы ведения сельского хозяйства, основанные на уменьшении или полном отказе от синтетических минеральных удобрений и химических средств защиты растений при максимальном использовании биологических факторов повышения плодородия почв, подавления болезней, вредителей и сорняков, а также осуществление комплекса других мероприятий, которые не оказывают отрицательного воздействия на состояние природной среды, но улучшают условия формирования урожая. Такая система производства получила название экологического сельского хозяйства. Экологическое земледелие предполагает использование эффективных агротехнологий и комплекса почвообрабатывающих орудий, которые будут способствовать восстановлению плодородия почвы и производству экологически чистой сельскохозяйственной продукции [1, 3, 7].

ПРОБЛЕМА ИССЛЕДОВАНИЙ

Существующие почвообрабатывающие орудия не полностью соответствуют требованиям экологического земледелия из-за того, что их рабочие органы не приспособлены к этой технологии, основными требованиями которой являются: сохранение структурности почвы, предотвращения развития сорняков, обеспечение условий для постоянного увеличения гумуса, получения экологически безопасных урожаев.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проанализировать перспективы разработки рабочих органов для экологического земледелия в аспекте их энергетической эффективности.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенного анализа установлено, что главным условием внедрения технологий экологического земледелия является сохранение и повышение плодородия почв [2, 3, 7]. Соответственно для достижения этой цели система земледелия должна быть направлена на накопление в плодородном слое почвы органических удобрений (остатки растений, навоз, зеленая масса) и использовать методы нехимического контроля сорняков, вредителей, болезней.

Борьба с сорняками обеспечивается их механическим уничтожением и подкашиванием.

Кроме этого, одним из главных правил внедрения экологического земледелия является предотвращение любого разрушительного воздействия на экосистему, которая предусматривает выполнение энергосберегающей обработки почвы [3, 7].

Техническое обеспечение обработки почвы при экологическом земледелии, которая внедряется в Украине и имеет положительные результаты, базируется на применении тяжелых дисковых борон, тяжелых культиваторов, кольчато-шпоровых катков. Технология подготовки почвы для посева и посадки сельскохозяйственных культур, выполняемая культиваторами, включает предпосевное рыхление на глубину заделки семян с целью создания рыхлого слоя, необходимого для прорастания семян и уничтожения всходов сорных растений; рыхление без оборота пласта на глубину пахотного слоя, применяемое в засушливых районах вместо перепашки; нарезку гребней и поделку гряд для пропашных культур в зоне избыточного

увлажнения. В уходе за посевами основное место сорняки подрезаются, вычесываются на поверхность или засыпаются землей.

Для формирования густоты растений, обеспечения необходимой площади питания при рядовом посеве применяется прореживание растений культиваторами, работающими вдоль рядков. Поперечным прореживанием, кроме того, достигается размещение растений по углам квадрата или прямоугольника, что позволяет производить междурядную обработку в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Тенденции совершенствования культиваторов характерны: объединение нескольких функций в одном универсальном орудии; объединение одинаковых по назначению культиваторов в семейства унифицированных конструкций; унификация и нормализация общих узлов и деталей. Высокая степень универсальности культиваторов при ограниченном количестве базовых моделей может быть достигнута расширением номенклатуры дополнительного оборудования. Главными признаками классификации культиваторов для сплошной обработки почвы являются тип и вид рабочих органов, производительность, глубина обработки, энергетические и весовые показатели орудий.

Преимущественной является поверхностная обработка почвы. Для ее механизации используются культиваторы для сплошной и междурядной обработки, рабочими органами которых служат стрельчатые и полольные односторонние лапы. Повысить функциональную эффективность этих рабочих органов и снизить энергоёмкость выполнения ими технологического процесса можно путём совершенствования формы лезвия и обоснования рациональных режимов движения лап. Общим подходом к решению таких задач является проектирование рабочих поверхностей по кривым линиям, обеспечивающим равномерное распределение давления почвы по длине лезвия, лучшие условия скольжения почвы и подрезаемых растений по поверхности лап, а также придание лезвиям зубчатой формы, как при их изготовлении, так и в процессе работы [5]. В результате исследования сопротивления почвы движению культиваторных лап установлено [12], что основная часть сопротивления приходится на лезвия лапы. Это указывает на необходимость дальнейших исследований процесса взаимодействия с почвой именно лезвий лап с целью обоснования параметров

занимает междурядная культивация, при которой его профиля, обеспечивающих минимальные затраты энергии при работе.

Для измельчения растительных остатков применяются мульчирователи-измельчители. Мульча защищает землю, стимулирует развитие микроорганизмов, улучшает физические свойства почвы, а со временем превращается в гумус [7]. Машины для экологического земледелия, такие как МОЗ-2, способны выполнять измельчение древесно-растительных остатков и кустарниковой растительности, включая устаревшие посадки смородины и др. культур, с одновременной заделкой в почву, обработку междурядий сада, послойное фрезерование почвы при сплошной обработке, подготовку почвы и формирование гряд для посадки ягодных и овощных культур. Однако на привод фрез необходимы дополнительные затраты энергии. Кроме того, фрезерование разрушает структурные агрегаты почвы, поэтому применять его можно ограниченно. В связи с этим перспективным представляется разработка новых орудий ротационного типа с рабочими органами, способными заделывать в поверхностный слой почвы растительные остатки, вращение которых осуществляется за счет взаимодействия с почвой.

Для поверхностного рыхления почвы и качественной заделки растительных остатков применяются дискаторы, к которым относятся дисковые культиваторы, дисковые лушпильники и бороны [9, 11]. Анализ выпускаемых и используемых в настоящее время почвообрабатывающих машин с дисковыми рабочими органами позволил классифицировать их по таким признакам: назначение, способ соединения с энергетическим средством, расположение рабочих органов, тип рамы, способ изменения угла атаки и тип дисковых рабочих органов. Энергетические и качественные показатели почвообрабатывающих машин со сферическими дисками определяются конструктивными особенностями рабочих органов и орудия в целом [6]. Общей тенденцией совершенствования их конструкций является отказ от батарейного расположения рабочих органов по причине плохого копирования поверхности поля, сложностей обслуживания и ремонта. Во многих современных конструкциях дискаторов диски устанавливаются на отдельных стойках, как правило, упругих, которые одним концом крепятся к раме орудия, а на другом их конце располагается подшипниковый узел. Характер деформации и перемещения почвы под действием дисков зависит

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

от их геометрических размеров и кривизны, угла установки в горизонтальной и вертикальной плоскостях и размеров пласта почвы, отрезаемого каждым диском, а также скорости движения орудия и свойств почвы. При анализе конструкций дисковых рабочих органов их можно классифицировать по таким признакам: типу диска, форме отверстия для крепления и форме вырезов. Преимущество дисковых орудий с точки зрения снижения энергозатрат на обработку почвы объясняется тем, что при выполнении ими технологического процесса сила трения скольжения почвы по рабочим поверхностям заменяется силой трения качения, которая, как известно, значительно меньше первой.

Улучшить функциональные качества дисковых рабочих органов и снизить их сопротивление при обработке почвы предлагается путем выполнения на дисках разрезов и вырезов оптимальной формы, а также закрепления на них дополнительных рабочих элементов.

Наиболее распространенными орудиями в технологиях экологического земледелия являются плоскорезы, позволяющие сохранить до 80% стерни в поле. Преимущества плоскорезов заключаются в следующем:

- использование почвозащитных технологий, позволяющих установить их высокую экологическую безопасность;
- использование плоскорезной обработки является предупредительным мероприятием в борьбе с различными видами эрозии;
- мобильность технологических операций, выполняемых плоскорезами, позволяет своевременно освободить почву от сорняков;
- улучшение развития растений из-за повышения биологической активности верхнего слоя почвы, которую создают растительная мульча и растения;
- улучшение условий роста и развития растений, способствующие повышению урожайности возделываемых культур.
- комбинированность и высокая производительность почвообрабатывающих агрегатов позволяющая уменьшить вредное воздействие движителей машин и орудий на почву, сократить трудоемкость и затраты горюче-смазочных материалов;
- утепляющий эффект плоскорезной обработки, заключающийся в уменьшении глубины промерзания почвы в зимний период и более быстром созревании ее для возделывания ранних яровых культур.

Актуальной проблемой является борьба с водной и ветровой эрозией, приводящими к снижению плодородия почв. В условиях юга

Украины комплекс специальных приемов обработки почв, агротехнических и мелиоративных мероприятий, прежде всего, должен быть направлен на воспроизводство плодородия почв и их защиту от водной и ветровой эрозии. Высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, воспроизводство плодородия почвы можно получать только при строгом соблюдении правил агротехники, направленных на накопление и сохранение влаги. Особое внимание следует уделять защите почв от дефляции и водной эрозии, вызывающих уменьшение мощности гумусового слоя, снижение запасов органического вещества, ухудшение агрегатного состояния почв. Для предотвращения дальнейшего развития эрозионных процессов необходим дифференцированный подход к использованию почв и применению в севооборотах различных способов механической обработки почвы. Природно-климатические условия, типы почв, севообороты в зоне юга Украины позволяют применять бесплужную обработку почвы на площади около 3 млн. га. Целесообразность применения бесплужной обработки состоит в том, что при такой обработке в верхнем слое почвы создается рыхлая мелкокомковатая структура почвы, предохраняющая ее от быстрого иссушения. При этом осуществляется накопление влаги за счет того, что происходит конденсация паров воздуха в рыхлом слое и подъеме влаги из глубоких ненарушенных слоев почвы.

В систему по борьбе с воздушной эрозией почвы входит весенняя и осенняя обработка культиваторами-плоскорезами, производящими подрезание сорняков и рыхление на глубину 10-16 см с сохранением стерни на поверхности поля. Исследования Елисеева А.М., Мартыновича Н.Н., Руденко И.С., Щербакова И.Е. доказывают целесообразность использования плоскорезной обработки почвы после стерневых предшественников, гороха, кукурузы, выращенной на зеленый корм. Исследователи отмечают способность такой обработки к сохранению и накоплению влаги, защиты почвы от ветровой эрозии. Данные Украинской сельскохозяйственной академии показывают, что при применении плоскорезной обработки происходит достаточное накопление влаги для своевременного и дружного появления всходов, благоприятный рост и развитие растений, повышение урожайности культур. При применении различных методов обработки почвы ученые Панин Н.И., Спиринов А.П., Извеков А.С., Панина Л.Б. установили повышение урожайности

культур, возделываемых по почвозащитной плоскорезной обработке. В основном повышение урожайности сельскохозяйственных культур при плоскорезной обработке связано с улучшением водного режима почв за счет улучшения впитываемости почвой влаги и предотвращения сдувания снега с полей. Также наличие на поверхности почвы растительных остатков уменьшает испарение влаги и предотвращает ветровую эрозию. Кроме того, температурный баланс почвы, обработанной плоскорезом более ровный, чем вспаханной, т.е. ночью охлаждается медленнее, днем нагревается медленнее, что также уменьшает испарению влаги. Необходимо учитывать также влияние плоскорезной обработки на сохранение плодородия почв. Смыв верхнего плодородного слоя почвы снижается в 2-8 раз, выдувание – в 11 раз. Применение почвозащитной технологии, основанной на плоскорезной обработке, не ухудшает почвенного плодородия, обеспечивает получение высоких урожаев, позволяет снизить до 40% энергетические, трудовые и материальные затраты на обработку почвы и до 10% себестоимость получаемой продукции.

В условиях зоны юга Украины для плоскорезной обработки почвы в основном используются ряд машин, таких как: КПП-2,2, КПШ-9, КПШ-5, ОПТ-3-5, КПЭ-3,8, КШ-3,6, АКП-2,5, АКП-2,7, АКП-5, КРУ-3,7, КПС-4, КШУ-18, КШУ-8, КТС-10-1, КПН-8,4, КНЗ-9,7, КАП-3,8 и другие. Зарубежные фирмы-производители выпускают разнообразные модели противозерозионных почвообрабатывающих машин. Фирма LEMKEN выпускает культиватор «SMARAGD» для плоскорезной обработки с одновременным прикатыванием почвы. Фирма RAU выпускает почвообрабатывающий агрегат «Rototiller», оснащенный плоскорезными рабочими органами. Фирма KRAUSE выпускает трехсекционный беспечный прицепной плоскорез. Фирма RICHARDSTON выпускает шеренговые прицепные 2-5 секционные плоскорезы с шириной захвата от 3,5 до 7,5 м. Фирмы, Ingam, Crause, Cocschut, Mowson и другие выпускают тяжелые лаповые культиваторы «John Deere-100», «Cocschut-246», «McCormic-50», «Ingam-322», «Clas». Фирмы FLEX-KING и HOBL выпускают рыхлители-плоскорезы для обработки почвы на глубину заделки семян с оставлением стерни на поверхности поля. С конструктивной точки зрения интерес представляют противозерозионные машины зарубежных фирм Crause, John Deere, Ingam,

технологии, в основе которой была поверхностная и Cocschut, Mowson. Анализируя конструктивные параметры орудий и их рабочих органов, можно отметить их значительные отличия. Так глубина обработки изменяется от 0,04 до 0,16 м, ширина захвата от 4 до 16 м, эксплуатационная производительность от 3 до 16 га/ч, класс тракторов для агрегатирования от 1,4 до 5. В то же время, применение плоскорезов имеет и свои недостатки, связанные с несовершенством их рабочих органов. Во время эксплуатации культиваторов происходит быстрый износ и налипание почвы на пассивные рабочие органы, они забиваются растительными остатками, ухудшается подрезание сорняков и увеличивается тяговое сопротивление, значительно перемешиваются почвенные слои, увеличивается гребнистость, возрастает испарение влаги. В связи с этим существует необходимость усовершенствования рабочих органов противозерозионной техники.

Перспективным является использование в технологиях экологического земледелия турбодисковых культиваторов, в которых вместо сферических дисков, установленных под углом, применяются волнистые диски (колтеры или турбодиски), установленные вертикально. Дисковые колтеры разрыхляют почву и разрезают растительные остатки, а расположенные за ними бороны выравнивают поверхность поля и равномерно разбрасывают пожнивные остатки, что принципиально важно при использовании почвозащитных технологий. Турбодисковый культиватор работает больше с растительными остатками, чем с самой почвой, что помогает сохранять влагу. Он может выполнять разрезание (измельчение) растительных остатков без смешивания их с землей; аэрация влажной почвы для её осушения и прогревания; очень мелкую предпосевную обработку на глубину 2,5 см и выравнивание бороной для сева мелкосеменных культур (таких как рапс). Тем самым увеличивает период вегетации за счет создания условий для раннего посева, т.к. обработанная турбодисками почва прогревается быстрее. Средняя обработка почвы на глубину 7-14 см после уборки урожая такими рабочими органами служит для ускорения разложения растительных остатков. Благодаря пружинным стойкам турбодисковый культиватор может работать по каменистой почве, не выносит камни на поверхность. Еще одним его преимуществом является высокая

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

производительность за счет высокой скорости обработки.

Турбодисковый культиватор очень хорошо распределяет пожнивные остатки любой плотности для эффективной защиты влаги и органического вещества, может использоваться при любой влажности почвы, не создает при работе комков, не забивается растительными остатками.

Недостатками существующих орудий и рабочих органов является ограниченность их использования в условиях недостаточного увлажнения почвы и значительная энергоемкость выполнения ими технологических операций.

В связи с этим, необходим дальнейший поиск в направлении совершенствования существующих и создание новых рабочих органов и орудий для экологического земледелия. В новом направлении земледельческой механики целесообразно использовать «Биосистемный подход», который дает возможность на основе биологических прототипов, существующих в природе, разрабатывать малоэнергоёмкие почвообрабатывающие рабочие органы.

Разработка новых и совершенствование существующих почвообрабатывающих орудий для экологического земледелия должны базироваться на теории процессов деформации почвы. Теоретической базой для их исследования являются научные основы теории взаимодействия рабочих органов с почвой.

Перспективность выбранного направления исследований подтверждается данными лабораторных экспериментов, в ходе которых проводилось сравнение по тяговому сопротивлению плоскорезущего рабочего органа шириной захвата 0,6 м с обоснованными параметрами на основе бионических сравнений и серийно применяемой плоскорезущей лапой шириной 1150 мм. В результате проведенных опытов в почвенном канале установлено, что при влажности почвы $W = 17,21 \pm 0,98\%$ и её твердости $p = 69,25 \pm 0,83 \text{ Н/см}^2$ при обработке на глубину 0,12 м тяговое сопротивление серийного рабочего органа составило $P_C = 4239,22 \pm 25,43 \text{ Н}$, а экспериментального образца $P_Э = 1627,52 \pm 55,87 \text{ Н}$. При пересчете на единицу ширины захвата удельное сопротивление составило соответственно $q_C = 3686,28 \pm 22$ и $q_Э = 2712,54 \pm 93,12 \text{ Н/м}$, т.е. снижение сопротивления составляет 26,4%.

ВЫВОДЫ

В состав комплекса почвообрабатывающих рабочих органов для экологического земледелия должны входить плоскорезущие, дисковые и

ротационные рабочие органы, которые целесообразно разрабатывать на основе принципов и методов бионики. Основными путями совершенствования конструкций этих рабочих органов является обоснование наиболее рациональных форм рабочих поверхностей и оптимальных принципов действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Saliev E., 2009. Ecological and economic problems of power saving up technologies introduction in Ukraine// MOTROL.– № 11В, 104 - 110.
2. Cherevko H., 2012. The role of biomass in formation of energy security potential in Ukraine// MOTROL.– Vol.14, №5, 104 - 110.
3. Pryshliak V., 2012. Technological and technical bases of sowing biopower cultures on the hill land of small steepness // MOTROL.– Vol.14, № 6, 179 - 182.
4. Брагинец Н., 2011. Теоретическое обоснование повышения эффективности процесса обработки почвы за счет использования более совершенных рабочих органов / Н.В. Брагинец, А.В. Шовкопляс // Наук. вісник Луганського нац. аграрного ун-ту. Серія: Технічні науки. – №29, 233 - 238.
5. Вотченко О.С., 2009. Стан та сучасні напрямки розробки робочих органів для поверхневого обробітку ґрунту/ О.С. Вотченко, О.М. Шкрегаль// Вісник Харківського Нац. техн. ун-ту сільського господарства ім. П. Василенка. – Вип. 77 “Технічний сервіс в АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні”, 250 - 256.
6. Гапоненко, 2012. К формализации процесса взаимодействия сферического диска с почвой// MOTROL.– Vol. 14, № 6, 45 - 49.
7. Грабак Н.Х., 2011. Екологічний напрям у землеробстві та його перспектива// Екологія, 20 - 25.
8. Данилин А.И., 2007. Современные концепции совершенствования рабочих органов почвообрабатывающих машин / А.И. Данилин, В.Я. Коваль // Вісник Харківського Нац. Техн. Ун.ту сільського господарства ім. П.а Василенка. – Вип. 67 “Технічний сервіс в АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні”, 49 - 54.
9. Дискатор – новое почвообрабатывающее орудие, обеспечивающее переход от традиционной технологии производства сельскохозяйственной продукции к энергосберегающей технологии No-till, 2010 / [А.С. Кушнарев, Н.И. Есьман, В.И. Ницко, А.Д. Ткачук и др.] – Белая церковь, 72-73.
10. Дубровін В.О., 2011. Вплив доліт, встановлених на плоскоріжучі лапи, на розпушування ґрунту/ В.О. Дубровін, А.І. Мороз, С.С. Тищенко // Наук. вісник Луганського Нац. аграрного ун-ту. Серія: Технічні науки. – №29, 390 - 398.

11. Кушнарѡв А., 2011. Дискатор – нове технїчне рїшення / А. Кушнарѡв, С. Кушнарѡв, О.
12. Шкрегаль О.М., 2009. Пошук напрямкїв зниження тягового опору культиваторїв// Вїсн. Харкївського Нац. Техн. Ун.ту сїльського господарства їм. П. Василенка. – Вип. 77 “Технїчний сервїс в АПК, технїка та технологїї у сїльськогосподарському машинобудуваннї”, 348 - 351.

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF
ENERGY-SAVING WORKING BODIES
FOR ECOLOGICAL AGRICULTURE

Summary. Analyzed the prospects of development of machinery and tools for ecological agriculture in terms of their energy efficiency. The ways of improvement of working parts of discators, ploskorez, and harrows.

Key words: bionics, discator, ploskorez, harrow, colter, energy consumption.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Сергей Ажермачёв

Национальная академия природного и курортного строительства
Адрес: Симферополь, ул. Киевская 181

Аннотация. Рассматриваются особенности эксплуатации морских трубопроводов для транспортировки углеводородов. Исследуются факторы, влияющие на надежность трубопроводов. Дается оценка возможных рисков, возникающих при эксплуатации. Даются рекомендации повышения надежности морских трубопроводов при экстремальных воздействиях.

Ключевые слова: трубопровод, нагрузки, воздействия, надежность

ВВЕДЕНИЕ

В предстоящие годы в международном масштабе трубопроводная отрасль будет развиваться в зависимости от спроса на углеводороды. А это уже чувствуется в настоящее время. Часть европейских стран проявляют большую осторожность к увеличению электроэнергии с атомных электростанций, не смотря на то, что потребность в энергоресурсах с каждым годом возрастают. Здесь много причин и одна из главных – надежность объектов, обеспечивающих энергетическую отрасль страны.

Газ все больше завоевывает «место под солнцем» в промышленно развитых странах. Фирмы, добывающие газ с месторождений в Северном море, Африки, Ближнего и Среднего востока и Азиатских регионах, намерены увеличить объемы добычи с намечаемым ростом спроса на газ в странах Европы и Восточной Азии (Китай, Японии, Корея и др.).

В Европе, Азии, Америке возрастает спрос на экологически чистое топливо, так как все индустриально развитые страны стремятся в законодательном порядке обеспечить снижение загрязнения окружающей среды.

В настоящее время протяженность только магистральных трубопроводов, транспортирующих углеводороды, перевалила за 500000 км. При этом необходимо иметь ввиду, что трубопроводы с каждым годом стареют. Поэтому ожидается, что значимость обеспечения безопасной работы морских трубопроводов будет возрастать [1,2,3].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ эксплуатации морских трубопроводов за последние десятилетия показывает, что причинами отказов трубопроводов являются различные силовые факторы, к которым, в первую очередь, относятся: внутреннее давление перекачиваемых продуктов; недопустимый изгиб трубопроводов на неровностях рельефа дна; случайные динамические воздействия от якорей судов; резонансные колебания под воздействием течений и штормовых волн при размывах дна и т.д.

Другим важным фактором, определяющим надежность морских трубопроводов является стойкость металла труб к коррозионным процессам.

Морские трубопроводы работают в условиях воздействий сильно агрессивных сред: морская вода и транспортируемые продукты. Несмотря на то, что трубы для транспортировки углеводородов в морских условиях изготавливают из специальных сталей с определенным химическим составом, разрушение их может происходить при небольших сроках эксплуатации.

Первый случай разрушения трубопровода диаметром 610 и 400 мм, транспортирующего с содержанием H_2S и CO_2 в 1952г. Этот случай был подробно расследован и опубликован в печати. [5, 20]

Трубы из листовой стали с химическим составом (%): 0,24C; 0,79Mn; 0,03P и 0,03S, были изготовлены сварными с продольным швом. Первые разрушения были обнаружены через несколько месяцев после начала эксплуатации.

Анализ разрушения показал, что сталь содержала большое количество неметаллических включений и пор, способствующих образованию водородных пузырей. Трубы растрескивались в плоскости прокатки по середине толщины стенки. Металл швов не содержал водородных пузырей. Источником водорода был транспортируемый газ, вызывающий общую коррозию.

В 1963 году произошло разрушение безшовных труб трубопровода диаметром 406 мм из спокойной стали, транспортирующий природный газ. Примерный химический состав трубной стали (%): 0,22C; 0,6Mn; 0,15...0,4S; 0,05P и 0,06 S. Через несколько месяцев эксплуатации под давлением 4,5МПа трубы подверглись интенсивному разрушению с образованием пузырей и ступенчатому растрескиванию, направленному к внутренней части трубы.

В 1974г. на Аравийском полуострове было зафиксировано три случая разрушения труб диаметром 610мм. Разрушение произошло через 4...6 недели после начала эксплуатации. Трубопровод транспортировал кислый природный газ. Все разрушения находились вблизи сварных швов. Склонность стали к растрескиванию возрастает с повышением парциального давления сероводорода. Особенно агрессивны среды, в которых одновременно присутствуют H_2S и CO_2 .

Подобные разрушения наблюдались в 1977 ÷ 1979 гг. в ФРГ, Иране, Канаде и других регионах.

Разрыв тела трубопровода приводит к выбросу в воду и в воздушную среду нефти и газа, которые загрязняют их. Вследствие токсичности нефтепродуктов, попавших в воду, наносится ущерб обитателям водной среды на больших площадях – до 30 км² при утечке 1т нефти.

Кроме загрязнения природной среды, выход из строя нефтепровода снижает производительность транспортной системы. Ремонт трубопроводов под водой характеризуется высокой стоимостью, особенно трубопроводов большого диаметра, т. е. трубопроводы должны обладать достаточной прочностью на всем периоде их эксплуатации.

Под прочностью трубопроводов, транспортирующих углеводороды на морском шельфе, понимается свойство их конструкций сохранять целостность во всех допускаемых условиях эксплуатации в течение заданного ресурса, обеспечивая необходимый уровень безопасности при удовлетворении определенных требований надежности и эксплуатационной технологичности.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ НАДЕЖНОСТИ

Агрессивная среда вызывает коррозию металла. Коррозия может быть общей, равномерной, такой тип коррозии менее опасен для конструкций, чем другие типы.

Межкристаллитная коррозия, она в основном связана с напряжениями в зоне проявления тепловых эффектов у сварных швов. В этой зоне при завершении процесса сварки меняется структура стали, образуются крупнозернистые структуры, между которыми возникают остаточные растягивающие усилия, которые вызывают микротрещины. Кислород, попадая в эти трещины, окисляет металл в трещинах, которые проходят между кристаллами. При наличии агрессивной среды и особенно при наличии растягивающих напряжений, коррозионный процесс активизируется и при определенных условиях глубина трещин может оказаться значительной и будет концентратором напряжений.

Питтинговая и щелевая коррозия поражает коррозией металл на малом по площади участке, но создавая глубокий коррозионный кратер, который тоже представляет зону высокой концентрации напряжений в металле конструкций.

Наблюдаются и другие типы коррозионных повреждений стенок трубопроводов.

Если к зонам поврежденным коррозией не прикладываются усилия, то они ведут себя «спокойно», однако при приложении циклических растягивающих усилий и особенно с переменными амплитудами напряжения, вышеуказанные концентраторы напряжений провоцируют хрупкое разрушение конструкций.

С такими факторами, когда на морские трубопроводы действуют статические и динамические нагрузки, специалисты сталкиваются в случае образования провисающих участков.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Надежность морского трубопровода в первую очередь зависит от уровня напряжений, возникающих при строительстве, испытаниях и эксплуатации, и, во-вторых, от контроля за установленными напряжениями от циклических нагрузок на провисающих участках трубопровода. Эти участки могут испытывать чрезмерные напряжения от весовых нагрузок, а в результате вибраций возможны усталостные разрушения. Циклическая нагрузка возникает при периодическом отделении вихрей, образующихся в результате обтекания трубопровода потоком, перпендикулярным к его оси.

Отделение вихрей связано с изменением локального давления, при котором трубопровод испытывает силовое воздействие, меняющееся с частотой отделения вихрей. При значительном поперечном сечении провисающий участок трубопровода может испытывать колебания, равные резонансным или близкие к ним. Поэтому при значительной амплитуде и частоте резонансных колебаний возможно разрушение трубопровода.

При образовании провисающего участка трубопровода необходимо рассмотреть прочность его при изгибе от статических нагрузок (массы трубы с продуктом) и эксплуатационных, связанных с изменением давления и температуры; устойчивость положения трубопровода от квазистатических воздействий гидростатических сил и усталостные напряжения от их воздействий. При этом определяются кольцевые и продольные напряжения и суммарные напряжения, которые сравниваются с расчетными. Устанавливаются допустимые изгибающие моменты и опорные реакции и по их величине определяется максимальная допустимая длина провисающего участка в зависимости от статических нагрузок.

Лобовое сопротивление, подъемная и инерционные силы зависят от скорости потока и гидродинамических коэффициентов. Устойчивость трубопровода от воздействия этих сил зависит от сопротивления грунта скольжению и отрицательной плавучести трубопровода. Обычным методом, обеспечивающим устойчивость трубопровода, является увеличение бетонного покрытия труб.

При обтекании потоком трубопровода возможно его движение только в горизонтальной плоскости при симметричном отделении вихрей или в горизонтальной и вертикальных плоскостях при асимметричном их отделении. Следует определить максимальную допустимую длину провисающего участка, при котором частота его собственных колебаний не будет соответствовать частоте отделения вихрей. Если это невозможно, то

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ

необходимо ограничить величину циклических напряжений для эксплуатации трубопровода в течении заданного периода.

При разработке проекта трассы трубопровода инженер должен иметь достаточную информацию о топографии дна с указанием его неровностей и геологической характеристики верхних слоев грунта. После изучения условий судоходства, рыболовства и определения метода укладки трубопровода, необходимо выбрать кратчайшую трассу между заданными точками. При этом по экономическим или другим соображениям не всегда можно исключить возможность провисания отдельных участков. Однако длина этих участков не должна превышать допустимых значений. При проектировании следует учитывать следующие условия: трасса трубопровода должна включать минимальное количество провисающих участков, при этом проектировщик должен иметь данные о возможных дополнительных циклических напряжениях при эксплуатации трубопровода и соответственно общие напряжения в сечениях труб не должны превышать нормативные требования.

Что касается влияния штормовых волн на колебания провисающих участков трубопровода, то они заметно будут сказываться при небольших глубинах моря 20...50м и меньше (что характерно для Азовского и Черного морей). Однако более жесткие критерии установления критической глубины в настоящее время еще не установлены, так как они зависят от многих факторов. Расчет провисающих участков трубопроводов осложняется тем, что трудно создать расчетную модель, которая бы позволила получить объективную картину напряженно-деформированного состояния трубопровода – это и конкретность условий закрепления трубопровода на опорных участках, характер воздействий горизонтальных и вертикальных нагрузок, влияние продольных усилий, возникающих в трубопроводе при статических и динамических нагрузках.

Однако многие специалисты используют расчетную модель в виде однопролетной балки с частично закрепленными опорами, но такая расчетная модель не позволяет получить объективную картину напряженно-деформированного состояния трубопровода при больших пролетах провисания и стрелке прогиба более 3÷4 диаметров, так как правило не учитывается «мембранный» эффект, возникающий при статических и динамических нагрузках.

Многолетний опыт эксплуатации трубопровода показывает, что наибольшее число отказов возникают в зонах высоких напряжений, где имеет место участки с межкристаллитной питтинговой или щелевой коррозией. Поэтому в первую очередь напрашивается мысль – необходимо снижать напряжения на этих участках и недопускать критических проявлений коррозии.

В последние десятилетия специалисты всё большее внимание обращают на применение

нержавеющих сталей и специальных сплавов с высоким содержанием хрома и никеля для морских трубопроводов транспортирующих углеводороды. [4, 10, 14, 15, 19].

Конечно, надо иметь в виду, что эти стали значительно дороже обычной малоуглеродистой стали, которая широко применяется для изготовления труб. Однако анализ экономической целесообразности применения трубопроводов из коррозионностойких сталей свидетельствует о том, что прежде всего они позволяют повысить уровень добычи и снизить эксплуатационные затраты. Применение коррозионностойких сплавов положительно влияет также на капитальные вложения. Многие компании при эксплуатации морских трубопроводов используют ингибиторы для защиты от коррозии. Однако исследования последних лет показывают значительную экономию средств при применении коррозионностойких сплавов для морских сооружений, при этом суммарный положительный эффект при определенных условиях достигает 15...20%.

Хорошо себя зарекомендовали нержавеющие стали, содержащие 20%С₂, 18%Ni и 6%Mn. Эта сталь заинтересовала многие нефтяные компании, а за последние пять лет ее поставки для изготовления труб превысили 10 тыс. т.

Подобный спрос объясняется прежде всего тем, что указанная сталь вдвое прочнее медно-никелевых и способна противостоять ударному воздействию потока значительно большей скорости. Такие характеристики стали позволяют уменьшить диаметр проектируемых трубопроводов и толщину их стенок. Благодаря этому достигается снижение массы трубы на 50% и на 35% снижаются сроки монтажа.

Учитывая многофакторность нагрузок и условий работы трубопроводов и отсутствие адекватной методики расчета, применение детерминистических подходов к разработке надежных методов расчета трубопроводов не позволит решить стоящих проблем.

Повышение требований к безопасности морских трубопроводов приводит к необходимости рассмотрения вероятностных критериев безопасности и разработки нормативов для них. Для этого необходимо использовать методы теории вероятности, математической статистики и теории надежности [6, 7, 16, 17, 18].

Основным критерием прочности является уровень надежности трубопроводов, выражаемый через величину вероятности разрушения, представляя параметры внешних условий нагружения и прочностные свойства трубопроводов в форме случайных величин.

Вероятность выполнения физических критериев прочности или вероятность неразрушения конструкции может быть представлена в такой форме:

$$H = 1 - \beta = \int_{-\infty}^{\infty} f_p(\xi) F_c(\xi) d\xi = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} f_c(\xi) F_p(\xi) d\xi, \quad (1)$$

где $f_e(\xi)$ и $F_e(\xi)$ - плотность и функция распределения внешних параметров нагружения;

$f_p(\xi)$ и $F_p(\xi)$ - плотность и функция распределения прочностных свойств конструкции;

β и p — величины вероятностей;

N — вероятность неразрушения конструкции, надежность или вероятность безотказной работы конструкции по условиям прочности.

Анализ аварий морских трубопроводов [5, 20] показывает, что их разрушения носят, как правило, хрупкий характер, а хрупкая трещина распространяется со скоростью 1500-2500 м/с [10].

Модель хрупкого разрушения трубопровода представляет собой модель слабейшего звена: предполагается, что исследуемый элемент состоит из множества связанных между собой микроэлементов, прочность которых является случайной величиной с известной функцией распределения $F(x)$, при этом принимается, что прочность различных макроэлементов является статистически независимой и случайной. Появление макротрещины элемента при хрупком разрушении соответствует разрушению хотя бы одного макроэлемента. Отсюда следует, что прочность конструкции можно описать функцией распределения:

$$F_p(x) = 1 - [1 - F(x)]^N, \quad (2)$$

где: $N=m\theta$ – среднее число макроэлементов в данном элементе;

m – число макроэлементов в единице объема элемента;

θ – объем конструкции.

Из физических соображений следует считать, что макроэлементы весьма малы, тогда в конструкционном элементе конечных размеров $N=m\theta$ будет велико. Это позволяет сделать предельный переход в выражении для $F_p(x)$. С помощью подстановки $\xi=NF(x)$ получим:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} F_p(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} [1 - (1 - \frac{\xi}{N})]^N = 1 - e^{-\frac{N}{F(x)}}. \quad (3)$$

Это общее выражение используется для получения частных выражений $F_p(x)$. Если распределение $F(x)$ ограничено снизу некоторым пороговым значением x_0 (некоторое минимальное значение прочности) и вблизи этого значения функция $F(x)$ может быть аппроксимирована степенной функцией, т. е.

$$\begin{cases} F(x) = 0 & x < x_0 \\ F(x) = a(x - x_0)^b & x \geq x_0 \end{cases}, \quad (4)$$

то функцией распределения прочности конструкционного элемента при хрупком разрушении будет распределение Вейбулла:

$$\begin{cases} F_p(x) = 0 & x < x_0 \\ F_p(x) = 1 - e^{-a(x-x_0)^b} & x \geq x_0 \end{cases}. \quad (5)$$

Здесь a и b — константы материала (определяются экспериментально).

Выражение (5) широко используется в зарубежных работах для описания статической прочности и сопротивления усталости.

Процесс возникновения и накопления усталостных трещин представляет собой весьма сложное и до настоящего времени непознанное физическое явление. В ряде работ на основании обобщенных исследований различных материалов дано качественное физическое описание развития усталостного разрушения [9, 10, 16]. Для стальных конструкций процесс накопления усталостных трещин связывается с кристаллическим строением в связи с неоднородностью прочностных свойств кристаллов и их случайным расположением. При этом даже в простейшем случае одноосного нагружения различные кристаллы могут нагружаться весьма сложным образом, и уже на ранних стадиях деформирования в отдельных макроэлементах могут возникать пластические деформации.

Эта неоднородная пластическая деформация приводит к перераспределению напряжений от внешних нагрузок и остаточных деформаций исходных кристаллов. Возникновение пластических деформаций в локальных точках кристаллического конгломерата подтверждается прямыми наблюдениями с помощью различных приборов. В отдельных кристаллитах на определенной стадии циклического деформирования возникают линии скольжения, развитие которых при последующих деформированиях приводит к образованию хрупких макротрещин [11, 12, 13].

При последующих приложениях нагрузок длина трещины продолжает расти. И если сначала ее рост идет медленно, то с увеличением числа циклов нагружения ее рост начинает резко возрастать до критических размеров, когда происходит хрупкое разрушение конструкции (Рис.1) [8].

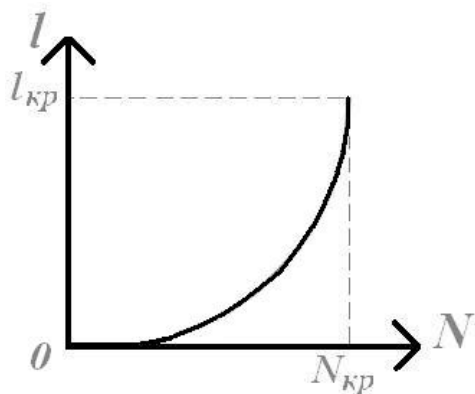


Рис.1. Рост длины трещины в зависимости от циклов нагружения

Fig.1. Growth of length of crack depending on the cycles of loading. На рис.1 по оси ординат показан рост трещины l , а по оси абсцисс – количество циклов нагружения N [21].

Классические методы математики и механики далеко не всегда могут быть использованы для решения задач об определении статистических характеристик случайных процессов. В частности, применение теории случайных процессов оказывается эффективным в тех случаях, когда нагружение морских трубопроводов описывается линейной стационарной системой уравнений. Поэтому в настоящее время широкое применение получают методы статистического моделирования, которые позволяют решать весьма сложные задачи и обладают определенными преимуществами перед точными аналитическими методами. Наиболее важным преимуществом статистического моделирования является возможность решения сложных задач, связанных с рассмотрением систем, описываемых сложными нелинейными уравнениями с переменными во времени коэффициентами, а также систем, содержащих одновременно элементы непрерывного и дискретного действия. Этот метод оказывается весьма эффективным при оценке различных вариантов на стадии проектирования морских трубопроводов. При этом может быть получена хотя и предварительная, но достаточно обоснованная оценка характеристик распределения действующих нагрузок.

Для решения задачи необходимо с помощью ЭВМ построить математическую модель нагружения реального трубопровода. Затем в модель системы вводится возмущающее воздействие, и устанавливаются определенные значения начальных условий. Поведение системы при этих условиях наблюдается по реализациям выходной переменной величины, получаемым на выходных устройствах ЭВМ.

ВЫВОДЫ

1. Ближайшие десятилетия природный газ будет одним из главных источников энергии.

2. Добыча газа ежегодно будет возрастать, что потребует строительства большого количества трубопроводов и более интенсивной эксплуатации существующих.

3. Трубопроводы, транспортирующие газ, работают в агрессивных средах при экстремальных силовых воздействиях.

4. С увеличением количества трубопроводов возрастает риск отказов, которые влекут за собой не только большие экономические потери, но отрицательно влияют на окружающую среду и могут привести к человеческим жертвам.

5. Для повышения надежности трубопроводов, транспортирующих углеводороды необходимо обладать информацией об их напряженно-деформационном состоянии при различных силовых воздействиях и влиянии окружающей среды.

6. Следует все более широко применять коррозионностойкие материалы и эффективные конструктивные решения трубопроводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажермачёв Г.А., 2004: Проблемы строительства глубоководных объектов нефтегазового комплекса на шельфе Черного моря. - Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее. УПСК. Киев, 49 - 55
2. Ажермачёв Г.А., 2004: К вопросу о повышении коррозионной стойкости конструкций морских сооружений.// Новини науки Придніпров'я.- №4, 1 - 9.
3. Ажермачёв Г.А., 2004: Пути повышения добычи углеводородов на Азово-Черноморском шельфе.// - Строительство и техногенная безопасность. /Сб. научн. тр. НАПКС. - №32, 21 - 26.
4. Ажермачёв С.Г., 2003: Повышение надежности сварных конструкций морских платформ.// Мат. Міжн. науково-практичної конф. «Захист від корозії і моніторинг залишного ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж». Донецьк, 409 - 413.
5. Biefer G.I., 1982: The stepwise cracking of line-pipe steels in sour environmenta.// Mater. Perform. - 21, №6, 19 - 24.
6. Болотин В.В., 1971: Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. - М.:Стройиздат. - 256.
7. Болотин В.В., Радин В.П., Чирков В.П., 2003: Исследование поведения зданий и сооружений со снижением жесткости при сейсмических воздействиях.// ИВУЗ «Строительство». -№7, 6 - 10.
8. Давиденков Н.Н., 1981: Динамическая прочность и хрупкость металлов: Избранные труды.- К.: Наукова думка. - 704.
9. Дьяченко С.С., Рябухин В.Б., 1982: Физические основы прочности металлов. - Учебное пособие. - Харьков: Вища школа. - 200.
10. Khorohov V., 2009. Hidden internal damage of loaded constructions and its ground// MOTROL. - № 11A, 82 - 88.

11. Иванова В.С., 1971: Современные представления о природе усталостного разрушения и новые направления исследования. – В кн. Усталость металлов и сплавов. – М.:Наука, 3-14.
12. Клаф Р., Пензиен Дж., 1979: Динамика сооружений. – Пер. с англ. Л.Ш. Килимника, А.В. Швецовой. –М.: Стройиздат. – 320.
13. Кулябко В.В., 2008: Резервы конструктивных приемов и методик расчетов нелинейного гашения колебаний зданий, сооружений и их элементов.// МОО ПК.- №10, 157 - 167.
14. Москвитин В.В., 1965: Пластичность при переменных напряжениях. – М.: МГУ. – 253.
15. Нейманов А.Я., 2003: Современные тенденции в использовании труб из различных материалов в инженерных сетях.// Мат. Міжн. науково-практичної конф. «Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж». Донецьк, 188 - 190.
16. Осадчук В.А., 2003: Оцінка залишкової міцності трубопроводів після появи поверхневих дефектів.// Мат. Міжн. науково-практичної конф. «Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж». Донецьк, 109 - 113.
17. Пичугин С.Ф., 2009: Надежность стальных конструкций производственных зданий. – Полтава: АСМИ. – 452.
18. Рейзер В.Д., 1995: Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. – М.: Стройиздат. – 347.
19. Селихов А.Ф., Чижов В.М., 1987: Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. – М.:Машиностроение. – 240.
20. Стрелецкий Н.С., 1958: Работа стали в строительных конструкциях. – М.: Госстройиздат. – 325.
21. Charbonnier J., Marget-Marette H., Truchon M., 1981: Strebs corrosion and corrosion fatigue of weldabu steels in marine environment.// Metal.Corros. - V.1, 1315-1320
22. Цейтлин В.К., Федорченко Д.Г., 1980: Оценка долговечности деталей при совместном действии повторно-статического и вибрационного нагружения.// Проблемы прочности. – №1, 14 - 17.
23. Engelmann H., 1986: First use of largs-diameter pipes of the steel GRS SSOTM (X80) in a high-pressure gas pipeline.// 3R International. - №4, 182 - 193.
24. Plizga K., 2008. Eksploatacja i diagnostyka urzadzen technicznych.// MOTROL. - № 10A, 150 – 162.

INCREASE OF RELIABILITY OF MARINE PIPELINES AT EXTREME INFLUENCES

Summary. The features of exploitation of marine pipelines are examined for transporting of hydrocarbons. Factors, influencing on reliability of pipelines, are probed. The estimation of possible risks, arising up during exploitation is given. Recommendations of increase reliability of marine pipelines are given at extreme influences.

Key words: pipeline, loadings, influences, reliability

THE EXERGETIC ANALYSIS FOR PREDICTING OF ENERGY EFFICIENCY OF THE HYDRAULIC DRIVE SYSTEMS

Oleg Yakhno, Aleksandr Gubarev, Oksana Ganpanturova, Alyona Murashchenko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»
Address: 03056, Ukraine, Kiev, Prospect, 37, e-mail: a_kirya@i.ua

Summary. In the article was analyzed the peculiarities of influence the mode of exploitation on energy-consumption of the hydrodrive. The energy efficiency was considered at the stage of circuit design of the hydrodrive. The resulted methods of assessing the effectiveness for the exergetic approach, based on the analysis of circuit design with considering modes of work.

Key words: hydro drive, hydraulic calculation, temperature, viscosity, exergetic analysis

INTRODUCTION

In engineering being used multimode drives to enhance the energy-efficiency of hydraulic systems of hydrodrive. Such hydraulic drives providing work in different exploitation modes. Arrangement of drives provides for different modes of use the hydraulic drive. This complicates the tasks of circuit design of hydraulic drives constructions and makes special demands on the assessment of their effectiveness [1-5, 16, 18].

Detection of the advantages and disadvantages of hydraulic drive is possible to carry out at different stages, from initial stages of design to experimental test of construction. The purpose of research is to explore the possibility of partial prediction of energy efficiency of the drive at the stage of scheme development. The exergetic analysis was used. It is often used to analyze processes and units, which associated with the use of energy and heat in the drive of control systems.

There is a growth of the fluid temperature during operation, the oil viscosity decreases, and the change of oil viscosity affects the pressure drop in the elements of hydrodrive. This results to a change of energy losses for the transportation of fluid and to the additional changes of power [2, 14, 17-21].

Hydraulic drives for different modes have different deadlocks, the flow channels, areas which accumulate various additives and others. They are calculated by methods, which consider changes in the physical properties of the calculated dependences.

Trends in the development and modernization of hydraulic drive are aimed at increasing of requirements, imposed on the reliability, multifunctionality and durability of engineering systems functioning. However, taking into account the increase in energy prices much attention is paid to increasing the energy efficient of hydraulic drive. There are several different methods and approaches for increase energy efficiency of automated systems of drives. For example, the structural optimization of multi-mode systems [11, 12, 15]. At the stage of the hydraulic system design the energy efficiency can be increased by selection of rational

structure of the system, which is appropriate with regimes and operation conditions. Thus, taking into account changes of the input energy flow and the power consumption of drive the rational number of executive devices can be defined. Herewith, the level of their power being calculated, the effectiveness of system modes operation being assessed, or several separate systems for different modes and performance of the same production functions being developed [7-11]. At the following stages of system design the calculation of operational parameters of each mode (flow, pressure, rated power, duration of each mode) is carried out.

One of the promising approaches is the exergetic analysis of systems, which is used for modernization of existing systems and developing the new ones. The approach allows to compare the potential of energy efficiency of the physically different devices; and also, allows to find the causes of energy losses (that ones that can be removed and can't be removed). These reasons of energy losses are related with the elements of the system, operational modes or conditions of their work [16, 22]. When solving practical tasks two marked approaches can complement each other. Exergetic approach will allow extendedly estimate the potential of energy efficiency and choose the general principles of the automated system construction. Structural optimization will give algorithm of functioning and composition of the system. It will allow finding ways of their reducing, realization of which will result to the construction of a rational system.

BASIC MATERIALS

For the correct description of the hydraulic drive it is necessary to perform the local taking into account of rheological properties of fluids for individual elements of the system and for the operational cycle, such as: the coefficient of friction, coefficient of hydraulic resistance, viscosity (period of use), and etc. The principle scheme of an example of such drive is shown in Figure 1 [12, 21].

For exergetic analysis of multimode drives is used the type of exergy, which includes forms of energy (such as the internal energy of matter, energy of

chemical bonds, heat flow). For each of them the exergy calculated individually depending on the presence and

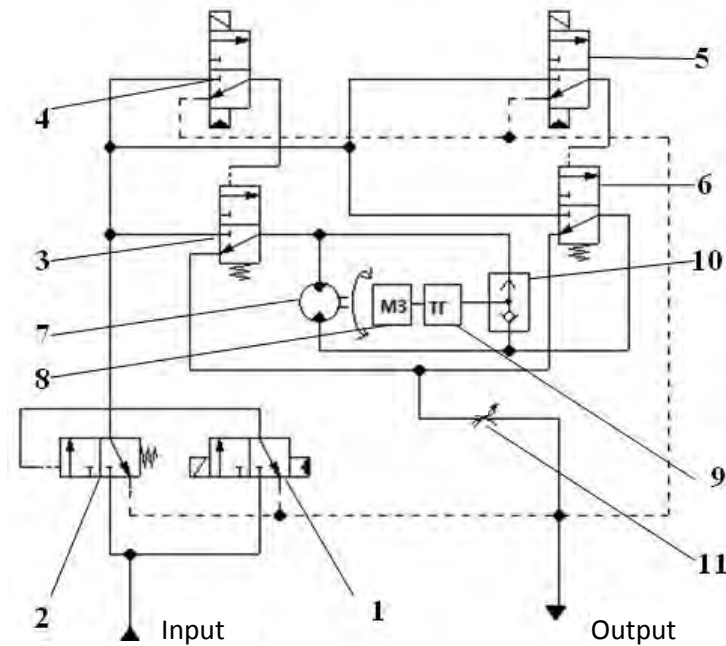


Fig.1. Principle scheme of the multimode drive:

1 – the electrohydraulic inlet valve; 2 – the hydraulic shutoff valve; 3 – the control valve of position the output shaft to «moving output link»; 4 – the electrohydraulic valve of control valve 3; 5 – the electrohydraulic valve of control valve 6; 6 – the control valve of position the output shaft to «return of output link»; 7 – the hydraulic motor; 8 – the brake coupling; 9 – the brake hydromechanical; 10 – the shuttle valve; 11 – the flow control valve

the type of material carrier – different solids or other objects. Such calculation required details on the conditions of heat exchange within the analyzed subsystem with the other subsystems of the drive [18, 22].

To define advantages and disadvantages of reduced schemes such as hydraulic drive must be performed pre-project predicting their performance in the operating modes. When comparing the energy losses in different modes of hydrodrive operation can be used exergetic method. For the current method were calculated the energy losses during the operation of hydrodrive with different working fluids in different operational modes.

During the exergetic analysis for each element in the hydraulic system were calculated pressure losses, losses of energy, and losses of power. These calculations were carried out in several stages, i.e., depending on the operating conditions of the drive, mode and with different working fluids.

To assess the effectiveness of circuit design taking into account operating modes of drive was constructed the graphic-analytical model. It is allowed to perform a distributed elementwise assessment of pressure losses and energy losses taking into account the time of each element action.

The principle of the model explained in the following example.

Hydrodrives work by successive energy transfer or streaming signal from one element to another. Let's take some section of the drive functioning (Figure 2). First, goes the signal for the «displacement of output link» – valve (1) operates, then the motor (2) starts working, what leads to the «displacement of the output link», further valve (1) is disconnected and respectively, the motor (2) stops – we have the lock position. Thus, we have a cycle of operation: $1 - 2 - \bar{1} - \bar{2}$ [3].

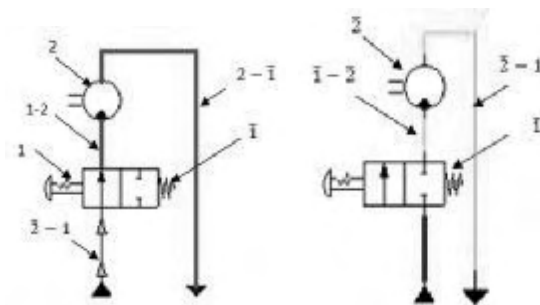


Fig.2. Application of logic-functional method on the example of the hydraulic scheme with motor

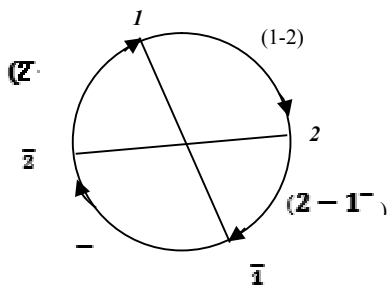


Fig.3. Example of constructing a graph

Power supply to the valve and its operation is indicated (1), disconnection – (1̄). Sending a signal for the valve operation and completion with pressure of channels – arc (2̄-1); arc (1-2) – switching of the valve and transmission of the signal from it on the motor operation; (2-1̄) – signal transmission from the motor and the filing of pressure to the channel of valve to turn it off; arc (1̄-2̄) – transmission of the signal from the turned off valve to the turning off the motor (Fig. 2, 3).

Some elements realize both energy and information function. That is at one mode the energy signal leads to a work of certain element and in another mode the same element performs only the informational function – «Off».

The calculation by such method was made individually for the process of «displacement of output link» and «return the output link» for the two schemes (Figure 1, 5).

The structure for the main process (hydraulic) mode according to the notation of scheme elements (Figure 1) consists of two sequences of system components operation:

1) «moving output link»:
input–1-2- <12>-4-3-7,10- <6>-9-*BGM*-
 -*BB*-1̄,4-2̄-3̄-7̄,10-9̄-*BGM*-*BB*- <6̄,12̄>-*output*

2) «return of output link»:
input–1-2-5-6-7,10-3-9--*BGM*-*BB*-
 -11-12-2̄-1̄,5-6̄-7̄,10-3̄-9̄-11-12-*output*

Scheme of hydraulic drive with other elements, i.e. with back pressure valve and without coupling of separation presented in Fig.4.

For the example scheme (Figure 5) calculations were carried out. Heat balances was made for those of elements where the inlet of fluid at the first switch of drive was carried out. The appraisal of energy losses for each element of the system was carried out, and duration of their work.

Calculations of parameters was based on exergetic method, which takes into account the different types of energy – thermal, electrical, mechanical and determine the general costs of the process by individual elements and blocks.

The structure of the process for the scheme with an additional valve (Figure 4):

1) «moving output link»:
input–1,4-2-3-7,10-9,8-6- <11>- <12>-
 1̄,4-2̄,3̄-7̄,10-9̄,8-6- <11̄>- <12̄>-*output*,
 2) «return of output link»
input–1,5-2-6-7,10-9,8-3- <11>- <12>-
 -1̄,5-2̄,3̄-7̄,10-9̄,8-3- <11̄>- <12̄>-*output*.

After drawing a graph perform the calculation of drives operation.

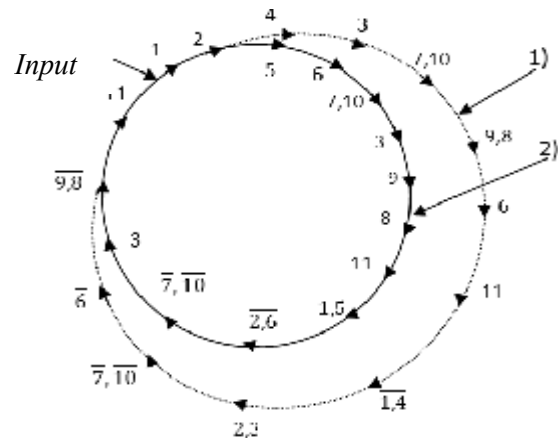


Fig.4. The graph of operating modes of hydraulic drive for modes «moving output link» and «return of output link» by the scheme Fig.1.

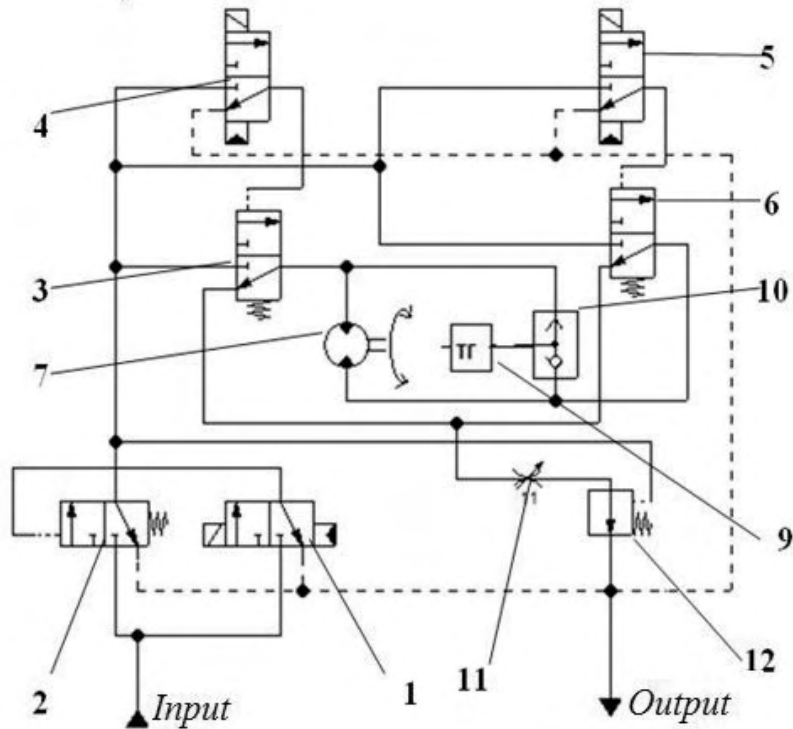


Fig. 5. Principle scheme of the multimode drive with valve of retaining (12)

When calculating the exergy flow system is limited by the surface and determined its relationship with the environment. Therefore, the parameters of the environment for which the calculation is made, play a significant role [21].

The feature of the calculation is exergetic analysis of system for the most unfavorable conditions, i.e. at sub-zero temperatures of hydraulic fluid (for example, the value is – from -50°C for -70°C).

The initial data for the exergetic analysis is temperature and pressure of fluid flows at the outlet and in the inlet of each element of the scheme, flow and heat of substances at a certain temperature. For the multimode drive comparative exergy calculations performed with the use of various hydraulic fluids.

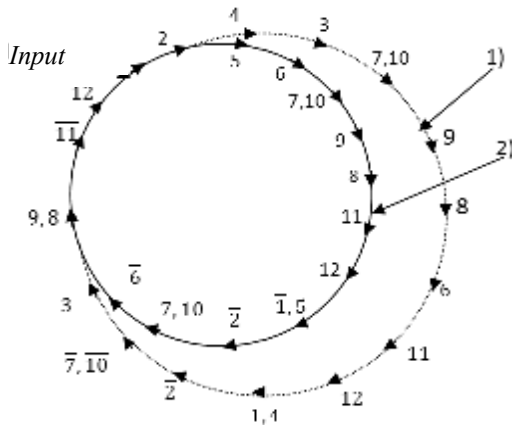


Fig. 6. The graph of operating modes of hydraulic drive for modes «moving output link» and «return of output link» by the scheme Fig. 5.

The power consumption of the system is determined by the product of the power and the response time for each element according to the graph in Fig. 4 and 6. Effective work of the drive does not depend on its schematic solutions. Therefore, determining the effectiveness of the scheme is based on energy consumption of elements, by which these schemes are different:

$$W_{schem\ 1} = \sum_{i=1}^{34} N_i \cdot t_i;$$

$$\sum W_{schem\ 1} = N_i \cdot t_i + N_{i+1} \cdot t_{i+1} + \dots + N_{i+33} \cdot t_{i+33}$$

wherein N_i – power of the corresponding element of the system, i – corresponding line of the system, t_i – time on i -th area of drive operation from one element to another, $\sum W_{schem(a)}$ – the total number of energy, used in the system.

Energy losses in the system (Fig. 1) for «moving output link»:

$$\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{Isaz} = \Delta N_1 \cdot t_1 \cdot y_1 + \dots + \Delta N_i \cdot t_i \cdot y_i + \dots + \Delta N_{34} \cdot t_{34} \cdot y_{34} \quad (1)$$

The value t_i indicates the time of work of a particular element in the hydraulic system, and the logical variable y_i indicates its use. That is, if an element operates in a certain mode, the energy losses on

THE EXERGETIC ANALYSIS FOR PREDICTING OF ENERGY EFFICIENCY

it is take into account ($y = 1 \Rightarrow \Delta W = \Delta N \cdot t \cdot y$). If the system element is not working, the energy losses on it does not take into account ($y = 0 \Rightarrow \Delta W = \Delta N \cdot t \cdot y = 0$).

Considered the influence of the fluid temperature on the losses in hydraulic system:

$$T^{\circ}C \Rightarrow \begin{cases} \rho \\ v \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t \\ \Delta p \\ U \end{cases} \Rightarrow \Delta N \Rightarrow \Delta W .$$

Taking into account the influence of the fluid temperature variation, energy losses at a certain element can be determined by the formula:

$$\Delta W = \Delta N_{(v)} \cdot t \cdot y .$$

Relative energy efficiency of the schematics is determined by (2). The value B – ratio of the difference of the total energy losses of one system and another to the total energy loss of one of them, namely:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{Total}^{\cdot} - \sum_{i=1}^{34} \Delta W_{Total}^{\cdot\cdot}}{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{Total}^{\cdot\cdot}} . \quad (2)$$

According to initial data and geometrical parameters the calculation of pressure losses in the system based on rheological dependences of working fluids AMG-10 and Skydrol. Received by the formula (2) value of the relative energy efficiency is estimated indicator of circuit solutions with additional element and without it (Table 1).

Energy efficiency of two schemes of the drive about was designed for two working fluids AMG-10 and Skydrol. It takes into account various operating conditions, their duration and the operating time at a certain temperature. For normal operating conditions, the following indicators of energy efficiency were obtained:

- for the working fluid AMG-10:

$$B_{T=-20^{\circ}C} = \frac{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot} - \sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}}{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}} = 8,05\%$$

$$B_{T=+20^{\circ}C} = \frac{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot} - \sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}}{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}} = 7,09\%$$

$$B_{T=+60^{\circ}C} = \frac{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot} - \sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}}{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}} = 6,95\%$$

- for the working fluid Skydrol:

$$B_{T=-20^{\circ}C} = \frac{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot} - \sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}}{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}} = 7,71\%$$

$$B_{T=+20^{\circ}C} = \frac{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot} - \sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}}{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}} = 6,96\%$$

$$B_{T=+60^{\circ}C} = \frac{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot} - \sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}}{\sum_{i=1}^{34} \Delta W_{I3a2}^{\cdot\cdot}} = 7,79\%$$

The distribution of energy losses for elements of the scheme in Figure 1 was obtained. The energy W_2 , obtained at the output of the system, also takes into account the energy losses from effect of changes in temperature $\Delta W_{(T^{\circ})}$ (Fig.7):

$$W_2 = W_1 - \sum \Delta W_i - \Delta W_{(T^{\circ})} .$$

Table 1. The relative effectiveness B_{sys}

Temperature, $^{\circ}C$	B_{sys}	
	AMG-10	Skydrol
-20	0,0805	0,0771
+20	0,0709	0,0696
+60	0,0695	0,0779

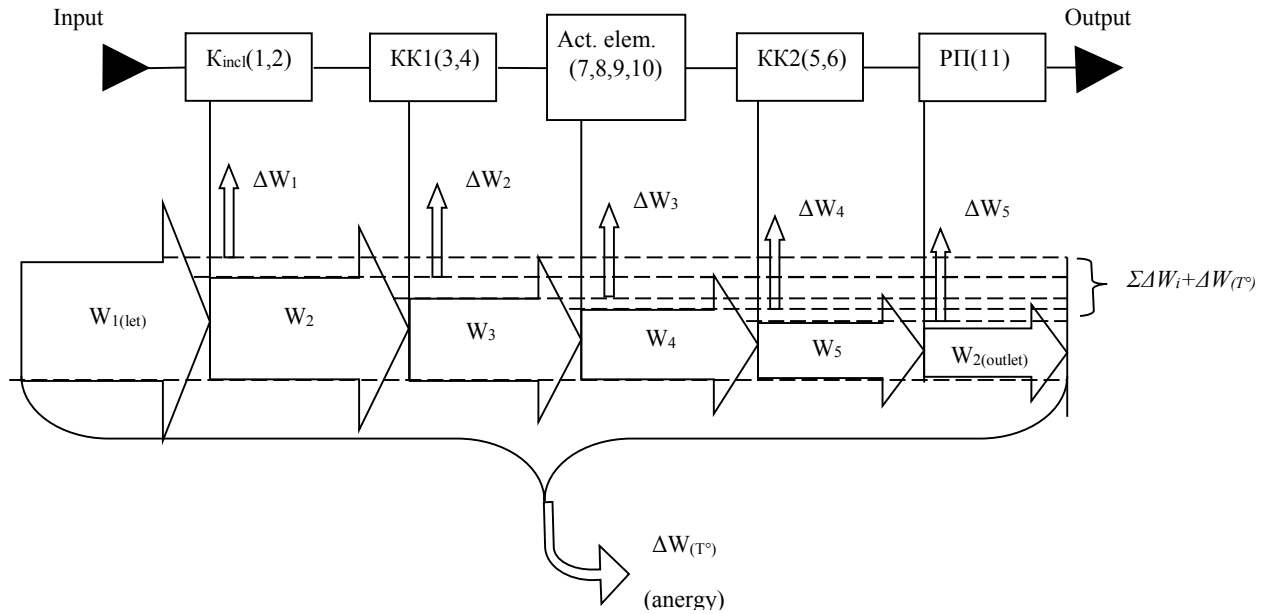


Fig.7. Scheme of distribution of energy losses in a hydraulic drive according to the scheme in Fig.1

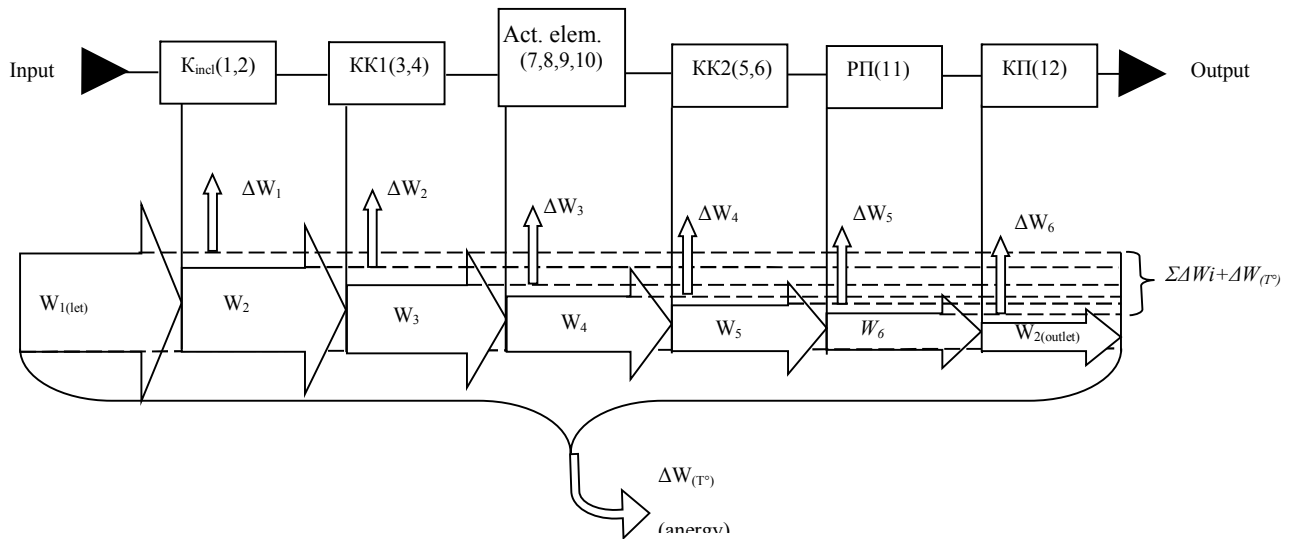


Fig.8. Scheme of distribution of energy losses in a hydraulic drive according to the scheme in Fig. 6

In the calculation were taken into account parameters and operation modes of the drive. In each mode were taken into account which elements work and which channels are involved. It was found that at the different modes and operating conditions the energy losses is much different. This can be explained by an example. At the mode to «move the output link» operate elements 1, 2, 4, 3, 10, 9, 11 and partly involving channels of elements 6 and 10, and the valve 5 and the channel that connect it to the valve 6 – unused. And by «return of output link» – conversely, partially operate channels of elements 3 and 10, the valve 4 and the channel that connects it to the valve 3.

According to the results of modeling of two schemes in calculated operation modes and considering the proposed standards for accuracy and efficiency of operation, we can conclude the following.

Unused elements provide additional energy losses in the system, while negative temperature of working fluids even more losses in reaction time of the system (because of deadlock areas in which the viscosity is very high). Calculation of pressure losses according to the graph is made by the formulas:

$$\Delta p_{(1-2)} = \Delta p_{(lin.)} + \Delta p_{(inp.velv.stop)};$$

$$\Delta p_{(2-1)} = \Delta p_{(lin.)} + \Delta p_{(out.velv.stop)} + \Delta p_{(input.vl.1)};$$

$$\Delta p_{(1)} = \Delta p_{(vl.1)}; \text{ etc.}$$

$$\Sigma \Delta p_{(system)} = \Delta p_{(input)} + \Delta p_{(2-1)} + \dots + \Delta p_{(output)}.$$

It was found that the change in the rheological properties of the fluid (AMG-10 and Skydrol) in different operating modes affect the energy losses almost equally ($\pm 1\%$) [12].

By the results of research was determined the relative effectiveness factor B_{syst} of circuit solutions of multimode hydraulic drives, based on energy efficiency of elements by which these schemes are different. There was obtained that the scheme of hydrodrive in Figure 1 by the operating temperatures -20°C on $\sim 7\%$, at $+20^{\circ}\text{C}$ on $\sim 8\%$, at 60°C on 7% more effectively than the scheme with valve of retaining (Figure 5). These values are valid for fluid AMG-10 and for Skydrol.

The exergetic analysis made it possible to determine element of the scheme, which reduces the energy efficiency by increasing the proportion of anergy. It is necessary to view the valve of retaining, its design parameters and the appropriateness of use. Because it operate less than 3% of the time, and all the rest absorbing a significant amount of energy forming component of anergy, which can expect the developer in the design and modernization drive with the goal of improving its efficiency.

CONCLUSIONS

Analyzing the existing hydraulic models, along with advantages in their design should take into account their disadvantages. It is mainly caused by the properties of the working medium (fluid). These include leaks of the fluid, changing parameters of the working fluid viscosity due to changes of operating temperature range, quite low efficiency of mechanical transmission, the formation of abrasives, isolation of the system from the air, fire danger [21]. Before specialists-designers must be presented certain tasks to the solution which can include energy analysis.

The observed method of efficiency evaluation can be used at the stage of the multimode hydraulic drive circuit design for options that provide the same control functions on «moving the output link» and «return of the output link».

Method of exergetic analysis for multimode hydraulic drives lets you to calculate the system when choosing the design parameters, working fluid according to its rheological properties.

It is proposed to combine branched elementwise hydraulic and thermal calculations to determine the hydraulic characteristics of the drive. This will increase the accuracy of calculations of transition modes, and predict performance indicators and performance of drive.

REFERENCES

1. Bastian S, 2011. Internal flow losses: a fresh look at old concepts // Bastian Schmandt, Heinz Herwig / Journal of Fluids Engineering. - Vol. 133(5), 051201.
2. Bejan A., 1996. Thermal design and optimization // Adrian Bejan, Michael J. Moran / New York; John Wiley & Sons. – 542.
3. Dekun P., 2013. Dynamic programming-informed equivalent cost minimization control strategies for hybrid-electric vehicles // Dekun Pei, Michael J. Leamy / Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. - Vol. 135, 051013.
4. Esen H., 2007. Energy and exergy analysis of a ground-coupled heat pump system with two horizontal ground heat exchangers // H. Esen, M. Inalli, M. Esen and K. Pihtili/ Building and Environment. - Vol. 42, 245 - 252.
5. Fangwei X., 2011. Drive characteristics of viscous oil film considering temperature effect // Fangwei Xie, Youfu Hou, Ping Yang / Journal of Fluids Engineering. - Vol. 133(4), 044502.
6. Freund L.B., 2012. The influence of dimensionality on the rate of diffusive escape from an energy well / Journal of Applied Mechanics. - Vol. 79(3), 031012.
7. Limin Y., 2012. Comparative study of bond graph models for hydraulic transmission lines with transient flow dynamics // Limin Yang, Jorgen Hals and Torgeir Moan/ Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. - Vol. 134, 031005.

8. Liu J., 2011. Numerical simulation of the transient flow in a radial flow pump during stopping period // J. Liu, Z. Li, L. Wang, L. Jiao / Journal of Fluids Engineering. - Vol. 133(11), 111101.

9. Moorhouse D.J., 2003. Proposed system-level multidisciplinary analysis technique based on exergy methods / Journal of Aircraft. - Vol. 40, № 1, 11 - 15.

10. Poole R.J., 2007. Development-length requirements for fully developed laminar pipe flow of inelastic non-newtonian liquids// R. J. Poole, B. S. Ridley / Journal of Fluids Engineering. - Vol. 129(10), 1281.

11. Rosen M.A., 2013. Using exergy to correlate energy research investments and efficiencies: concept and case studies// Open access journal «Entropy». - Vol. 15(1), 262 - 286

12. Yakhno O., 2012. Prediction of effectiveness of the multimode hydrodrive / O. Yakhno, A. Gubarev, A. Muraschenko// Int scientific conf. «UNITECH'12». - Vol. II. – Gabrovo, Bulgaria. P. II, 229 – 235.

13. Бутаков Б.И., 2010. Оптимизация параметров поверхностного упрочнения обкатыванием роликами канатных блоков с целью повышения их контактной прочности/ Бутаков Б.И., Марченко Д.Д.// MOTROL. – №12, 120 – 131.

14. Гербер Ю., 2012. Оптимизация параметров работы теплового оборудования в линии переработки молока с целью сокращения энергетических затрат// MOTROL. – Vol. 14, №-6, 139 - 143

15. Бродянский В.М., 1973. Эксергетический метод термодинамического анализа – М.: Энергия. – 296.

16. Дашенко А., 2008. Повышение энергетической эффективности силовых агрегатов гидравлических систем. / А. Дашенко, В. Николенко. // MOTROL. – №10А, 17 – 24.

17. Канаева Н., 2008. Перспективы повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения с применением тепловых насосов в Крыму/ Н. Канаева, Э. Чубукчи // MOTROL. – № 10А, 22 - 27

18. Лурье З.Я., 2010. Исследование рабочего процесса мехатронного гидроагрегата системы смазки металлургического оборудования с учетом характеристик двухфазной жидкости / Лурье З.Я., Федоренко И.// MOTROL. – №12, 10 – 25.

19. Терентьев Е.Ф., 2002. Эксергия как критерий оценки эффективности функционирования техноло-гических систем / Е. Ф. Терентьев, С. И. Матвиенко // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: матер. междунар. конф., Архангельск, Т. 2. – Архангельск: Ин-т экол. пробл. Севера УрО РАН, 230-233.

20. Топорен С., 2011. Применение эффекта Ранка в теплогенерирующих установках малой мощности / С. Топорен, О. Зайцев// MOTROL. – № 13С, 97 - 104

21. Трофимов В.А., 2009. Рабочие жидкости систем гидропривода / О.М. Яхно, А.П. Губарев, Р.И. Солонин. – К.: НТУУ «КПИ». – 184.

22. Янговский Е.И., 1988. Потoki энергии и эксергии. – М.: Наука. – 144.

23.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ГИДРОПРИВОДА НА ОСНОВЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Аннотация. Проанализированы особенности влияния режимов эксплуатации на энергопотребление гидроприводов. Рассмотрена энергетическая эффективность на этапе формирования схемных решений привода. Приведена методика оценки эффективности с помощью эксергетического подхода, который базируется на анализе схемных решений с учетом режимов работы.

Ключевые слова: гидропривод, гидравлический расчет, температура, вязкость, эксергетический анализ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЕННЫХ КОРМОВ ГИДРОПОННЫМ СПОСОБОМ

Виктор Пришляк, Оксана Соколенко

Винницкий национальный аграрный университет
Керченский государственный морской технологический университет

Адрес: г. Винница, ул. Солнечная, 3,

e-mail: viktor.prishlyak@i.ua

г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82

e-mail: sokolenko.oksana@mail.ru

Аннотация. Обосновано необходимость проведения исследований в области механизации гидропонного выращивания зеленых кормов и описана конструкция и принцип работы разработанной многоярусной гидропонной установки с поворачивающимися лотками, позволяющей механизировать уборочно-посевные работы.

Ключевые слова: гидропонный зеленый корм, гидропонная установка, уборочно-посевные работы, технология, средства механизации.

ВВЕДЕНИЕ

Финансово-экономическая ситуация, сложившаяся на Украине в настоящее время, диктует аграриям целый ряд вопросов и задач, связанных, в первую очередь, с энергетическими, трудовыми, материальными [1, 2], а также экологическими проблемами. Результат решения этих вопросов и задач в значительной степени зависит от технической оснащенности сельскохозяйственных производств [3], внедрения новых технологий, а также умения адаптироваться под климатическую обстановку в условиях определенной местности. В питательном рационе человека основное место занимает продукция таких отраслей как животноводство и птицеводство. Для интенсивного развития указанных отраслей сельскохозяйственного производства на Украине большое значение имеет стабилизация и повышение питательности кормовой базы, а также улучшение сбалансированности кормовых рационов. Одной из негативных сторон отечественной практики кормления сельскохозяйственных животных является низкоэффективное использование фуражного зерна. Это объясняется тем, что значительная часть расходуемого зерна скармливается в неподготовленном, несбалансированном виде, в результате чего его питательный потенциал не полностью используется в пищеварительных трактах животных [4]. В связи с этим активно развивается большой спектр не достаточно широкой и не всегда экологически безвредной инфраструктуры кормового производства.

В последнее время, из-за отсутствия постоянной возможности заготовления требуемого ассортимента кормов с высокими питательными качествами, повышается интерес к методам, позволяющим государственным, фермерским и подсобным сельскохозяйственным производствам самостоятельно и с малыми материально-финансовыми затратами получать сбалансированные кормовые рационы на протяжении всего года. Одним из таких методов

является способ гидропонного выращивания зеленых кормов [4, 5]. По данным фирмы «Элеусис.С.А.» (Австрия), гидропонный зеленый корм в 6-8 раз дешевле травяной муки, в 5-6 раз – комбикорма и в 3 раза – сена [5]. Производство этих кормов не зависит от времени года и может осуществляться как в закрытом помещении, так и на открытом пространстве – в зависимости от климатических условий местности [6]. При использовании гидропонного зеленого корма (ГЗК) появляется возможность специализации полевого растениеводства на интенсивном производстве зернофуражных культур, из которых можно круглый год получать высокопитательный, свежий корм для сельскохозяйственных животных [4].

Гидропонный зеленый корм – зеленый «ковер» из молодых ростков с их матом, проросших в течение 6-12 дней из слоя семян зернофуражных или бобовых культур без почвы на питательном растворе в искусственных условиях [4, 6, 7]. Для производства ГЗК в основном используется зерно ячменя, но также может использоваться овес, рожь, кукуруза, пшеница, горох и вика. Однако следует отметить, что эти культуры по динамике прироста в первые фазы своего развития или уступают ячменю, или их выращивание связано с более длительными сроками. Более того, такая зерновая культура как ячмень произрастает практически во всех поясах земного шара [5, 6].

Гидропонный зеленый корм вводят в кормовые рационы либо в качестве зеленой витаминной подкормки (5-7 кг на 1 голову крупного рогатого скота, а для мелкого рогатого скота и птицы – 0,5-1 кг на 1 голову в сутки), либо в качестве основного корма (расход ГЗК возрастает до 30-50 кг на 1 голову КРС в сутки). Этот корм скармливают животным в измельченном или цельном виде непосредственно после уборки, без промежуточного хранения [4]. Для скармливания животным используют всю толщу гидропонного «ковра» из молодых, богатых витаминами зеленых проростков и корневого мата, состоящего из переплетенных корнями остатков зерна.

Таблица 1. Изменение химического состава исходной биомассы при выращивании гидропонного зеленого корма

Table 1. Change in the chemical composition of the initial biomass in growing hydroponic green fodder

Культура	Содержание компонентов химического состава в гидропонном корме по отношению к зерну						
	сухая масса	протеин	клетчатка	жир	БЭВ	фосфор	кальций
Горох	0,75	1,57	1,25	3,40	0,68	1,80	2,15
Вика	0,85	1,40	1,31	3,50	0,75	1,89	1,96
Бобы	0,76	1,07	0,99	1,00	0,91	1,71	2,43
Ячмень	0,75	1,92	1,23	2,12	0,77	2,27	1,69
Кукуруза	0,76	1,56	1,37	0,85	0,81	2,89	2,83

Агробиологической основой выращивания ГЗК является процесс прорастания семян зернофуражной культуры, начальные стадии которого характеризуются определенными физиолого-биохимическими превращениями, происходящими при переходе семян от стадии покоя к стадии нормального роста [4].

По данным различных исследователей на 6-10-й день выращивания химический состав проростков существенно отличается от состава исходного зерна [3, 4, 5, 7, 8, 9]. Происходит увеличение содержания протеина (в 1,4-1,9 раза), кальция и фосфора (в 1,5-2,0 раза), витаминов Е и группы В (в 1,3-2,0 раза), а также образование каротина, витаминов С, РР и др. (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Типовой технологический процесс выращивания ГЗК включает ряд основных последовательных этапов [5, 6]:

- подготовка посевного материала исходной культуры;
- замачивание (предварительное проращивание) посевного материала;
- распределение посевного материала (посев) по вегетационной поверхности;
- выращивание зеленых проростков;
- уборка выращенной кормовой массы и скармливание ее сельскохозяйственным животным.

Подготовка посевного материала исходной культуры включает в себя специальные виды обработки, направленные на дезинфекцию семян и стимуляцию их прорастания [4, 6]. Для дезинфекции семян рекомендуют замачивать их в 0,01-1% - ном растворе марганцовокислого калия [4, 6, 11], католите [11], 2% - ном растворе питьевой соды [12] или воздействовать ультрафиолетовым светом [4, 6, 14]. Для стимуляции посевного материала производят его замачивание рабочим раствором анолита с микроэлементами [12], анолита с сапонитовой мукой (природным минералом горной породы, куда входят 11 биологически активных микроэлементов) [11], рабочим раствором «Е.М. Кусей» [13] или жидким концентратом «Гумисол» [15]. Процесс замачивания длится 1-4 суток, в течение которых зерно выдерживают на воздухе при температуре 20-22°C и равномерно увлажняют водой температуры 18-20°C [4, 14].

Распределение посевного материала по вегетационной поверхности (посев) выполняют в соответствии с установленной нормой высева в зависимости от вида используемого посевного материала. Обычно норма высева составляет 2-10 кг сухого зерна на 1 м² вегетационной поверхности [4, 6]. Нормы высева различных кормовых культур в килограммах на один квадратный метр, разработанные в ВИСХОМе, приведены в табл. 2 [5, 6].

Таблица 2. Нормы высева различных кормовых культур

Table 2. Seeding rates of various forage crops

Ячмень	Овес	Рожь	Соя	Горох	Вика	Кукуруза
5-6	5-6	5	6	5	5	6

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЕННЫХ КОРМОВ

Выращивание зеленых проростков, то есть получение ГЗК, проводят в течение 4-8 суток в культивационных помещениях с управляемым микроклиматом. Агротехнический режим выращивания определяется температурой воздуха в помещении, типом увлажнения корневой зоны посевов, параметрами освещения зеленой части корма и т. д. Конкретные значения этих показателей зависят от вида возделываемых растений. В качестве питательного раствора для увлажнения посевов применяют растворы Чеснокова-Базириной, а также рабочие растворы анолита и «Е.М. Кусей», используемые на этапе стимулирования при замачивании [11, 12, 13]. При производстве ГЗК из ячменя рекомендуют применять растворы Гейслера и Института птицеводства НААН Украины [4, 5].

Орошение посевов производят как методом подтопления [4, 14], так и методом дождевания [4, 7, 9]. На 4-6 день после замачивания зерна начинают подсвечивание проростков искусственным светом с освещенностью 500-1500 лк и длительностью светового дня 18-24 ч в сутки.

Уборка ГЗК заключается в снятии «ковра» из зеленых проростков с вегетационной поверхности. Длительное (более 1,5-2 часа) хранение убранного ГЗК не допускается из-за резкого снижения в нем витаминов.

Первые гидропонные установки для проращивания семян зерновых культур и производства ГЗК появились в США в середине 30-

х годов. Они представляли собой многоярусные стеллажи, установленные в закрытых шкафах, снабженных системами подогрева воздуха, освещения и подачи питательного раствора [4, 5].

В бывшем Советском Союзе первые гидропонные установки были разработаны в конце 50-х – начале 60-х годов [4]. По своей принципиальной схеме они также представляли собой многоярусные стеллажные конструкции, снабженные элементами для обеспечения светового режима и корневого питания. Технология производства корма на таких установках включала в себя два этапа: проращивания зерна при повышенной влажности (2-3 дня) и выгонка зеленой массы (6-7 дней).

Всесоюзным НИИ сельскохозяйственного машиностроения была изготовлена шестиярусная установка «Зеленый луг» с автоматизированной подачей питательного раствора, регулируемой температурой и влажностью. Установка включала в себя три шкафа. В среднем шкафу располагалась вспомогательная аппаратура, в застекленных боковых шкафах проращивалась зеленая масса [5].

Фирмой Hydrodan (Великобритания) выпускаются гидропонные установки для выращивания ГЗК типа LANDSAVER. Модель LANDSAVERHD-1000 – наиболее распространенная, ее производительность – 1000 кг зеленого корма в сутки (рис. 1).

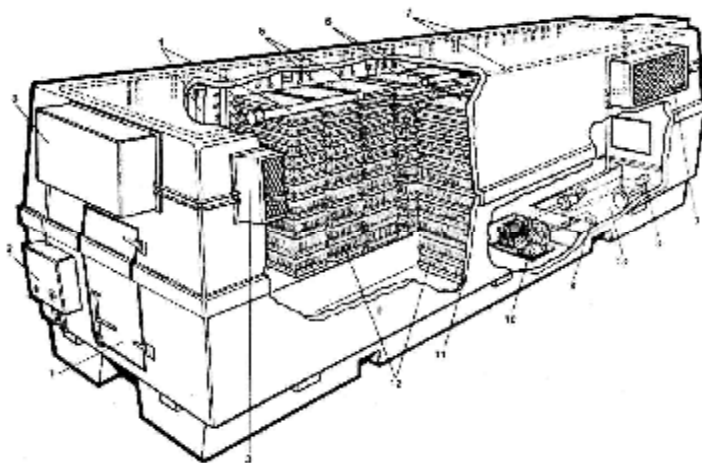


Рис. 1. Общий вид установки LANDSAVERHD-1000 (Hydrodan):

1 – входная дверь, 2 – щит управления, 3 – кондиционер, 4 – лампы, 5 – распыливающие форсунки, 6 – верхние поддоны с зерном, заложенным на проращивание, 7 – трубопровод орошения, 8 – реле уровня, 9 – фильтр, 10 – насос, 11 – теплоизоляция, 12 – нижние поддоны с готовым к уборке ГЗК, 13 – емкость для питательного раствора

Fig. 1. General view of the installation LANDSAVERHD-1000 (Hydrodan):

1 – front door, 2 – control panel, 3 – air conditioning, 4 – lamp, 5 – the spray nozzle, 6 – upper trays with the grain laid for germination, 7 – irrigation pipe, 8 – level switch, 9 – filter, 10 – pump, 11 – heat-insulation, 12 – lower trays with HGF ready for harvest, 13 – reservoir for the nutrient solution

Испанская фирма Fometa Overseas запатентованную в Великобритании (патент выпускает идентичную модель FPU-1000, №2030834). Эти установки выполнены в виде

автономной термоизолированной камеры, приспособленной для транспортировки на автомобильной платформе и размещения на открытом воздухе [4, 5, 6, 16]. Внутри камеры размещены пластмассовые гофрированные лотки, которые располагаются на двенадцати ярусах с переменным шагом. Автоматическая система управления поддерживает необходимую температуру 20-22°C при наружной температуре -5° - +55°C. Полив осуществляется питательным раствором с суточным расходом 1 м³ методом дождевания. Облучение растений осуществляется люминесцентными лампами, мощностью от 80 до 130 Вт (всего 15 штук), расположенными на потолке, над центральным проходом и на боковых стенках. Лотки выполнены из листового полистирола толщиной 3,2 мм и имеют площадь 0,24 м². Рекомендуемая норма высева сухого зерна ячменя составляет 7,2 кг/м². Расчетная урожайность – 49,5 кг/м². Норма полива 6 л/м² при расходе 1 м³/сут. Общий суточный расход электроэнергии при производстве ГЗК составляет 80-130 кВт·ч в зависимости от наружных климатических условий. Габариты установки соответствуют международным стандартам для контейнерных перевозок. Общая площадь вегетационной поверхности составляет 165 м².

Технологический процесс включает в себя проведение оператором следующих ежедневных операций [4]: уборку поддонов с готовым зеленым кормом с нижних ярусов стеллажей (вес корма на каждом поддоне около 12,5 кг); перестановку всех

оставшихся поддонов последовательно вниз на освободившиеся ярусы стеллажей; загрузку освободившихся поддонов зерном, предварительно замоченным в специальном баке в течение суток, и установку этих поддонов на верхние ярусы; замачивание зерна для использования на следующий день (норма расхода – около 1,7 кг зерна на каждый поддон). Кроме этого, один раз в восемь дней необходимо приготовить определенный объем концентрированного питательного раствора по специальной рецептуре.

Основным недостатком этих установок является полное отсутствие средств механизации уборочно-посевных работ. Это приводит к тому, что оператор должен ежедневно вручную переносить 1 т корма и 0,15 т зерна, а также переставить 588 поддонов общим весом 3,5 т. Другим недостатком данных установок являются их оросительные системы, которые включают в себя большое количество форсунок и сливов, приводящих в свою очередь к высокой вероятности засорения системы.

Фирма Hydrodan выпускает модели меньшей производительности (HD-500, HD-150, HD-75), используя проверенные в модели HD-1000 конструктивно-технологические решения [4]. Основные отличия этих моделей от рассмотренной выше установки касаются только габаритных размеров (рис. 2). В связи с меньшими размерами эти установки представляют собой вегетационные шкафы, снабженные сдвижными дверцами для сокращения производственных помещений.

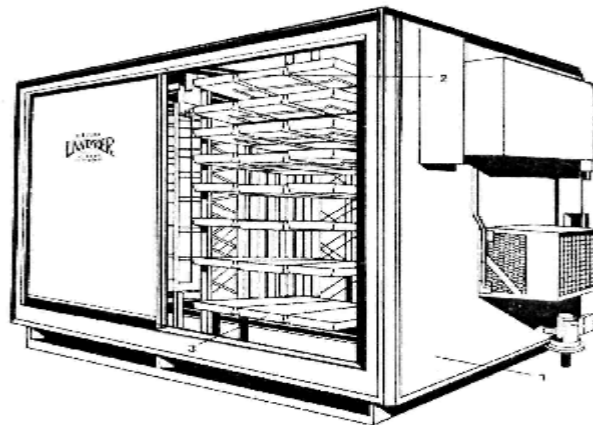


Рис. 2. Общий вид установки LANDSAVERHD-150 (Hydrodan):

1 – климатическая камера, 2 – верхние поддоны с зерном для проращивания, 3 – нижние поддоны с готовым к уборке ГЗК

Fig. 2. General view of the LANDSAVERHD-150 installation (Hydrodan):

1 – climatic chamber, 2 – upper trays with grain germination, 3 – lower trays ready for HGF harvest

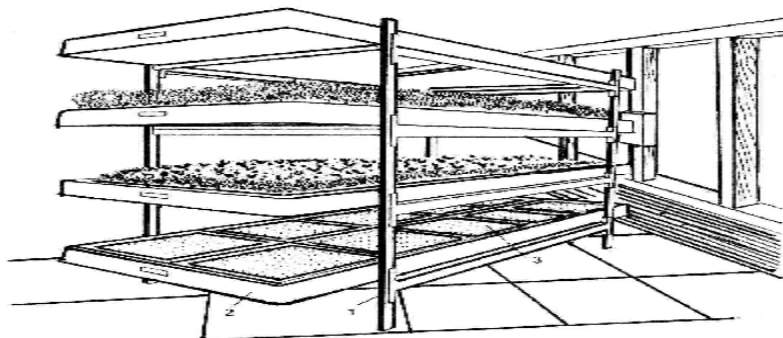


Рис. 3. Общий вид установки Herbagrass фирм TECNI-landi Agrotechnik:
1 – открытый несущий каркас одного стеллажа, 2 – ванна с плоскими нагревательными элементами, 3 – поддоны

Fig. 3. General view of the Herbagrass firms TECNI-landi Agrotechnik installation:
1 – open frame of the single carrier rack, 2 – bath with flat heating elements, 3 – pallets

Четырехъярусную гидропонную установку модели Herbagrass выпускает английская фирма Agrotechnik совместно с французской фирмой TECNI-land (рис. 3). Ярусы выполнены в виде пластмассовых ванн с регулирующими подогревающими устройствами. Полив осуществляется водопроводной водой методом подтопления. Питательные растворы не применяются. Отсутствуют и лампы искусственного освещения. Данные установки рекомендуются размещать в специальных помещениях, оборудованных естественным или искусственным освещением, приточно-вытяжной вентиляцией, электро- и водоснабжением и канализацией. Все технологические операции – ручные. После проведения анализа существующих в настоящее время технологий и средств механизации производства гидропонного зеленого корма мы пришли к выводу, что технологические вопросы в некоторой мере отвечают запросам сегодняшнего дня [5, 11, 12, 13, 15]. При рассмотрении вопросов механизации и энергосбережения данного производства был вскрыт достаточной большой пласт нерешенных проблем. В частности, мы пришли к выводу, что в настоящее время на Украине практически не ведутся разработки и исследования по вопросам механизации гидропонного кормопроизводства, и, как следствие, практически отсутствует отечественное оборудование для проведения данного процесса, которое можно рассматривать как промышленное. Единичные отечественные гидропонные установки можно отнести скорее к экспериментальным образцам.

Что касается зарубежного оборудования для производства гидропонной продукции, то эксплуатируемые в настоящее время установки являются сложными в изготовлении, дорогостоящими (30000-1000000 у.е.), энерго- и материалоемкими. Отечественные предприятия, а

тем более подсобные и фермерские хозяйства, не будут готовы приобрести такие системы в ближайшее время. Более того, для фермерских и подсобных хозяйств эти установки являются слишком крупнотоннажными (производительность большинства из них 10-80 т зеленого корма в сутки). Кроме того, не следует забывать, что у большинства зарубежных установок довольно низкий уровень механизации разгрузочно-посевных операций.

Вместе с тем, следует учитывать то, что количество фермерских и подсобных хозяйств в нашей стране в последние годы заметно увеличивается. В свою очередь это стимулирует спрос на полноценные кормовые рационы для сельскохозяйственных животных. Эти процессы происходят на фоне жесткой тенденции ежегодного увеличения стоимости комбикормов, концентратов, синтетических добавок и премиксов. В виду всего вышесказанного становится очевидной необходимость разработки энергосберегающих средств механизации производства гидропонного зеленого корма, которые бы отличались малой материалоемкостью, простотой изготовления, надежностью в эксплуатации, а также значительно снижающие трудовые затраты. Эти установки должны легко монтироваться и демонтироваться, обладать мобильными качествами, т.к. в отдельные годы на неорошаемых и малоорошаемых землях Украины гидропонный способ выращивания ГЗК целесообразно применять не только в зимнее время года, но и в летнее.

В Керченском государственном морском технологическом университете совместно с Винницким национальным аграрным университетом была разработана многоярусная гидропонная установка с поворачивающимися лотками, конструктивные особенности которой, позволяют решить проблему низкого уровня механизации уборочно-посевных работ.

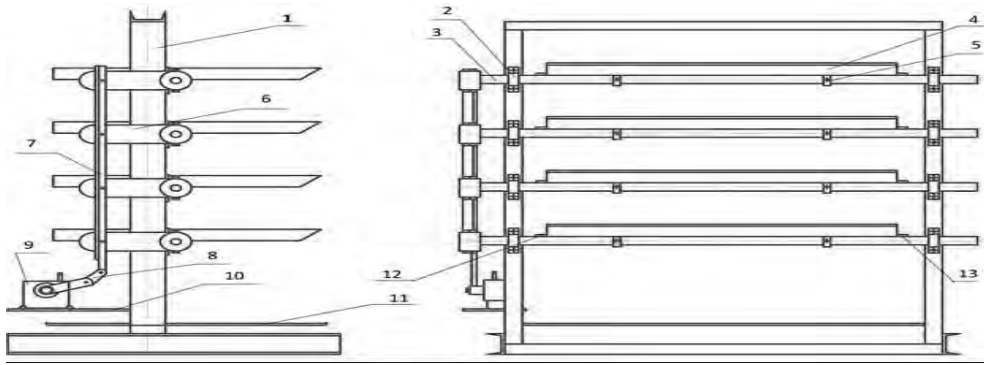


Рис. 4. Многоярусная гидропонная установка с поворачивающимися лотками: 1 – жесткий каркас, 2 – подшипник, 3 – труба, 4 – лоток, 5 – хомут, 6 – рычаг, 7 – общая тяга, 8 – промежуточная тяга, 9 – редуктор, 10 – платформа, 11 – поддон, 12, 13 – штуцера

Fig. 4. Tiered hydroponic installation with rotating trays: 1 – rigid frame, 2 – bearing, 3 – trumpet, 4 – tray, 5 – clamp, 6 – lever, 7 – general traction, 8 – intermediate traction, 9 – reducer, 10 – platform; 11 – pan, 12, 13 – connection pipe

К вертикальным стойкам жесткого каркаса 1 горизонтально (ярусами) при помощи подшипников скольжения 2 крепятся трубы 3, на которых устанавливаются лотки 4 (рис. 4). Лоток к трубе крепится стальными хомутами 5 при помощи винтового соединения. С одной из сторон гидропонной установки на выходные концы труб 3 при помощи болтового соединения крепятся рычаги 6, чьи пластины присоединены к общей тяге 7, которая в свою очередь через промежуточную тягу 8 присоединяется к валу редуктора 9. Редуктор устанавливается на платформе 10, приваренной к вертикальным стойкам жесткого каркаса 1, к которым также приварен поддон 11, предназначенный для сбора остатков жидкости. В описанной системе жесткий каркас 1 выполнен из швеллеров 14У (высота – 140 мм, ширина полки – 58). Трубы 3 изготовлены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т с размерами 25×1,5 мм. Лоток 4 представляет собой прямоугольную поверхность из листа нержавеющей стали толщиной 1,5-2,0 мм с бортами по периметру, причем один из бортов по длине лотка отогнут на некоторый угол относительно нормали в наружу (для облегчения соскальзывания выращенного «зеленого ковра» ГЗК). Размеры лотка – 1500×1000×60 мм. В бортах по ширине лотка расположены штуцера 12 и 13 для подвода и крепления поливной коммуникации и дренажа соответственно. Трубопроводные шланги (на рис. 4 они не показаны) отходят от каждого яруса (лотка) установки, укладываются во внутрь вертикальных стоек жесткого каркаса 1, а затем присоединяются к водопроводной, растворной и канализационной системам. Для этого штуцера необходимо располагать как можно ближе к трубе 3. Также следует отметить, что дренажный штуцер 13 необходимо устанавливать практически у самого дна лотка, тем самым обеспечивая полный спуск отработанной воды (питательного раствора) из лотка. Для осуществления дополнительного облучения внутри вертикальных стоек жесткого каркаса, помимо трубопроводных шлангов, по обе

стороны лотков располагаются лампы дневного света (на рис. 4 они не показаны). Тяга 7 изготавливается из стального уголка размерами 45×45 мм. Для создания колебательного движения лотков гидропонной установки рекомендуется использовать червячный редуктор самотормозящийся РЧУ-50 или РЧУ-60.

Производительность данной установки по выращенному ГЗК составляет 330 кг/вегетационный период. Гидропонный цех, оборудованный 7-8 установками такого типа, будет обеспечивать 330 кг/сутки ГЗК.

Для увеличения производительности по выращенному зеленому корму вышеописанную установку можно рассматривать как некую модульную единицу, которая может быть наращена в длину, в высоту и в длину и в высоту одновременно (смешанное наращивание). Все три вида наращивания применяются при условии, если это позволяет производственное помещение или здание гидропонного цеха.

Принцип работы установки. Установленная норма зерна ячменя (возможна другая культура) помещается «кучкой» на вегетационную поверхность лотков со стороны вертикальных бортов. Оператор, обслуживающий гидропонный цех, поворачивает ручку редуктора до тех пор, пока лотки не наклонятся относительно оси закрепления примерно на 25-30°. При этом начнется плавное движение зерна к противоположному бортику лотков. После этого оператор поворачивает ручку редуктора в противоположную сторону, а ожидаемый угол отклонения лотков будет меньше первоначального. Экспериментально доказано, что качений необходимо сделать не меньше пяти с затухающей амплитудой. Следует отметить, что при каждом качении площадь зерновых слоев на лотках будет непрерывно увеличиваться до тех пор, пока не произойдет полное распределение посевного материала по вегетационным поверхностям гидропонной установки.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЕННЫХ КОРМОВ

После того, как завершился процесс распределения зерна по поверхности лотка (посев), начинается процесс проращивания «зеленого ковра» при определенных агротехнологических условиях. По истечении 7-8 дней, когда высота растений достигает примерно 25-30 см, оператор опять поворачивает ручку редуктора до наклона лотков установки примерно на 25-30°, после чего выращенный урожай гидропонной зеленой массы сползает с них на транспортерную ленту или в бункер-накопитель. Выращенная зеленая масса сразу же направляется на скармливание сельскохозяйственным животным.

После разгрузки лотки дезинфицируются, затем устанавливаются в горизонтальном положении, облучаются бактерицидной лампой и тщательно высушиваются. После проведения комплекса обеззараживающих мероприятий процесс повторяется.

ВЫВОДЫ

1. Обосновано необходимость проведения исследований в области механизации гидропонного выращивания зеленых кормов.

2. Выполнен анализ существующих в настоящее время технологий и средств механизации производства гидропонного зеленого корма.

3. Описано конструкцию и принцип работы разработанной многоярусной гидропонной установки с поворачивающимися лотками, конструктивные особенности которой, позволили решить проблему низкого уровня механизации уборочно-посевных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липчук В., Гнатышин Л., 2013. Уровень механизации производственных процессов в фермерских хозяйствах в контексте уравновешенного развития // MOTROL. – Vol. 15, № 4, 126 – 133.

2. Галанец В., 2013. Развитие аграрной политики в Украине в условиях экономического кризиса// MOTROL. – Vol. 15, № 4, 159 – 166.

3. Черевко Г., Крунич О., Крунич Р., 2013. Развитие системы формирования материально-технической базы сельского хозяйства Украины // MOTROL. – Vol. 15, № 4, 97 – 106.

4. Кругляков Ю., 1991. Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом. – М.: ВО Агропромиздат. – 79.

5. Костюченко В., Булгаков В., Свирень Н., Дрига В., 2010. Агромеханическое обоснование машин для производства гидропонного зеленого корма. – Кировоград: КОД. – 320.

6. Кирдань Е., 2000. Энергосберегающая технология и средства механизации производства гидропонного зеленого корма: дис ... канд. техн. наук: 05.20.01 / КГАУ. – Симферополь. – 140.

7. Пиуткин С., 1980. Выращивание гидропонного корма на соломенном субстрате. Животноводство: журнал. – М.: Колос, №10. – 40.

8. Кругляков В., Бурцева С., 1986. Влияние агротехнических факторов на питательность

гидропонного корма. // Вестник сельскохозяйственных наук. – №8, – 112.

9. Давтян Г., Бабахаян М., 1977. Непрерывное гидропонное производство свежего травяного корма и эффективность его применения. – Ереван: Изд-во АН АрмССР, – 21.

10. Соколенко О., 2007. Количественные показатели химического состава гидропонного зеленого корма // Рыбное хозяйство Украины: материалы V научно-практической конференции «Морские технологии: проблемы и решения – 2007». – Керчь: КГМТУ, – 96 с.

11. Пат. 54410 Україна, МПК (2009) A01G31/00. Спосіб вирощування гідропонного зеленого корму/ Д.Д. Чертков, Я.П. Криця, Б.Д. Чертков, К.С. Рикунцова, О.Ю. Яковенко (Україна). - № u201004744; заявл. 21.04.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. №21.

12. Пат. 53921 Україна, МПК (2009) A01G31/00. Спосіб вирощування гідропонного зеленого корму/ Д.Д. Чертков, Я.П. Криця, Б.Д. Чертков, К.С. Рикунцова, О.Ю. Яковенко (Україна). - № u201003925; заявл. 06.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. №20.

13. Пат. 57382 Україна, МПК (2011) A01G31/02. Спосіб вирощування гідропонного зеленого корму/ Д.Д. Чертков, Б.Д. Чертков, Ю.Г. Точений, А.М. Котов (Україна). - № u201009449; заявл. 28.07.2010; опубл. 25.02.2011, Бюл. №4.

14. Методы и техника для предпосевной стимуляции семян сельскохозяйственных культур, 1985. – Экспресс-информация №683. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш. – 17.

15. Пат. 27663 Україна, МПК (2006) A01G31/00. Гідропонний спосіб вирощування зелених кормів/ В.П. Леонтович, В.К. Пузик, В.М. Кандиба, В.Ф. Омельченко (Україна). - № u200707215; заявл. 26.06.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл. №4.

16. Жук З., Кругляков Ю., 1985. Техническое оборудование для специализированных агрокомплексов будущего// Механизация и электрификация сельского хозяйства, №4, 46.

IMPROVEMENT OF THE GREEN FODDER PRODUCTION BY HYDROPONIC METHOD

Summary. The necessity of research in the field of hydroponic cultivation of green fodder mechanization is given and the construction and operation of developed tiered hydroponic installation with rotating trays that allow mechanizing of the harvesting-seeding operation are described.

Keywords: hydroponic green fodder, hydroponic installation, harvesting-sowing operations, technologies means of mechanization.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ НА СТОЙКОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В Г. СИМФЕРОПОЛЬ НА БАЗЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

Борис Пушкарёв, Михаил Васильев, Павел Кореньков

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
г. Симферополь, ул. Павленко 3, к. 403
kpa_gbк@mail.ru

Аннотация: Представлены результаты расчетного анализа устойчивости к прогрессирующему обрушению рамно-связевого железобетонного каркаса жилого комплекса, расположенного в сейсмически опасном районе. Установлена возможность применения сертифицированных в Украине программных комплексов для анализа опасности прогрессирующего обрушения зданий повышенной этажности с железобетонным каркасом. Выявлена необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

Ключевые слова: Здания повышенной этажности, аварии, живучесть, прогрессирующее обрушение, численное моделирование, физическая нелинейность

ВВЕДЕНИЕ

Участившиеся в последнее время аварии зданий и сооружений в результате ошибок проектирования, возведения, нарушения правил эксплуатации, а так же обрушения жилых домов вследствие взрывов, (взрывы бытового газа, террористические акты) на первый план выводят вопросы обеспечения безопасности эксплуатации зданий и сооружений.

Анализ аварий показывает, что масштабные разрушения, как правило, инициируют локальные [12] аварийные воздействия на отдельные элементы несущей системы здания или сооружения [1].

Учитывая, что строительство на территории Крымского полуострова осуществляется при сочетании таких неблагоприятных факторов как сложные инженерно-геологические условия, в тесном контакте с уже существующими зданиями и сооружениями, при повышенном уровне сейсмической опасности [9], проблема живучести возводимых и реконструируемых объектов стоит достаточно остро.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованию вопросов живучести в контексте стойкости к прогрессирующему обрушению посвящены работы А.С. Городецкого, Ю. В Немчинова, Г.И. Шапиро, В.И. Травуша, А.В. Перельмутера, В.В. Кулябко, П.Г. Еремеева, В.О. Алмазова, Б.С.Расторгуева, А.Г.Тамразяна Г.А. Гениева, В.М. Бондаренко, Н.И. Карпенко, В.И. Колчунова, В.К. Вострова, Н.В. Ключевой и др.

Действующий в Украине ДБН В.1.2-14-2009 напрямую трактует вопрос живучести как один из методов недопущения «прогрессирующего» обрушения, что встречается и в ряде американских [13] и европейских норм. Этот документ [5]

предписывает обеспечить живучесть для объектов классов ответственности СС3 и СС2, т.е. тех, при обрушении которых уровень возможных материальных убытков и социальных потерь будет значительным.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью данной работы является оценка стойкости к прогрессирующему обрушению на примере каркасов зданий повышенной этажности [4] (10 и 13 этажей), расположенных в сейсмически опасном районе (7 баллов).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Численный эксперимент с моделями железобетонных рамно-связевых каркасов зданий повышенной этажности средствами ПК ЛИРА [2,8,11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Объектом исследования выбран проект двух секций рамно-связевого каркаса здания повышенной этажности (10 и 13 этажей) из монолитного железобетона, строящийся в г. Симферополь. Планы типовых этажей с указанием расположения мест гипотетического локального обрушения показаны на рис.1 и 2. Высота типового этажа 3 метра.

Расчетные схемы построены с учетом возможностей ПК ЛИРА пространственными (рис.3). В этих схемах присутствуют все фактические несущие элементы пространственной несущей системы.

Исходными данными для анализа опасности прогрессирующего обрушения послужила серия

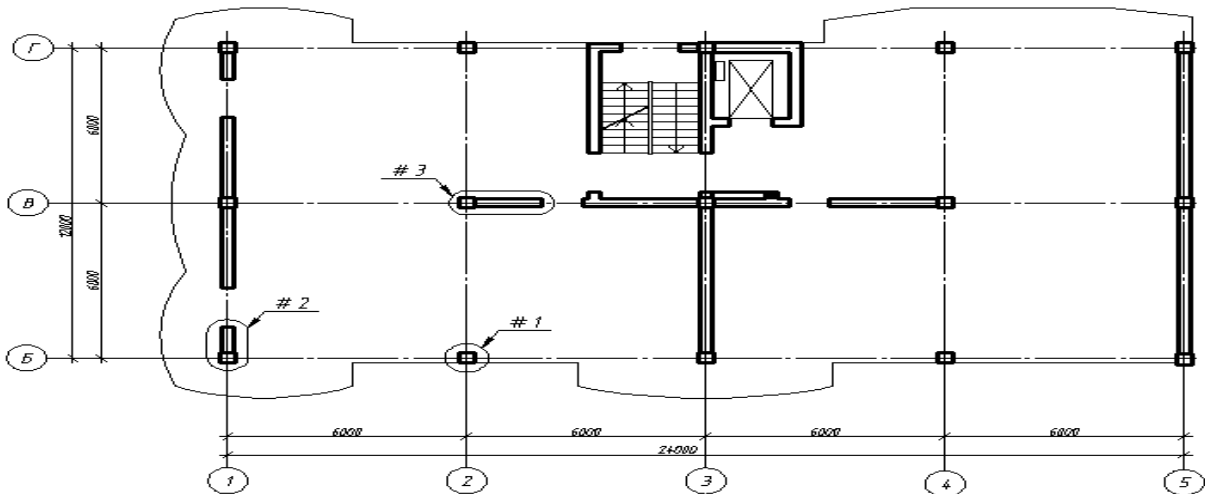


Рис. 1. План типового этажа Секция 1
Fig.1. Typical floor plan Section 1

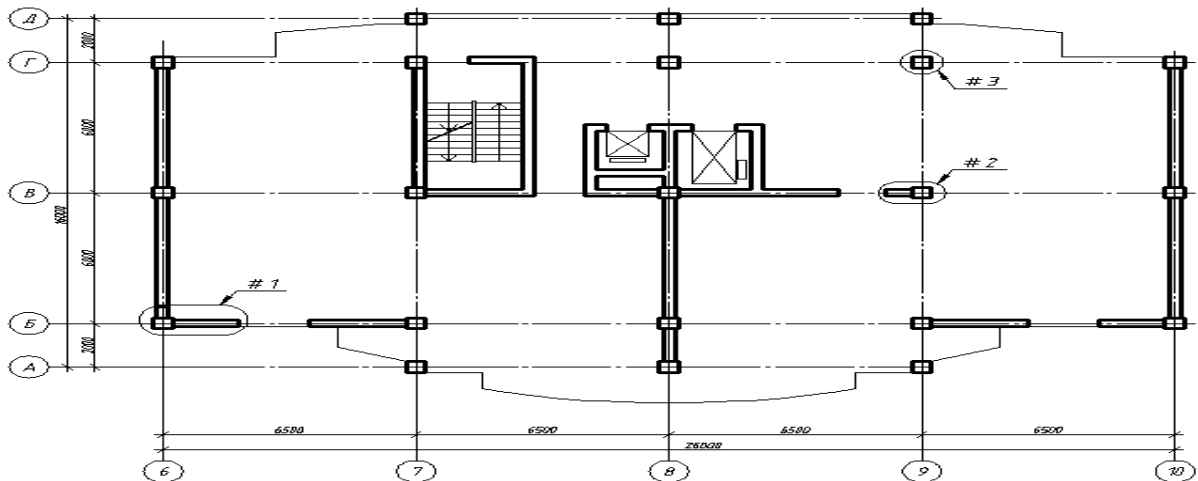


Рис. 2. План типового этажа Секция 2
Fig.2. Typical floor plan Section 1

расчетов несущей системы здания согласно действующих норм [5,6,7]. Расчет производили на основное и аварийное сочетание нагрузок и воздействий, включающее постоянные и временные длительные и кратковременные нагрузки, а также сейсмическое воздействие интенсивностью 7 баллов. Значения нагрузок и воздействий определены в соответствии с [3]. В ПК ЛИРА прикладываются полные расчётные нагрузки. Расчет выполняется по РСУ (Расчетным сочетаниям усилий).

На основании данных предварительных расчетов принимали сечение и материал несущих конструкций. Подбор армирования осуществляли в модуле Лир-АРМ.

Сечение колонн для секции № 1- 400x400 мм, и 500x500 мм для секции №2. Сечение ригелей 400x500 мм и 500x500 мм соответственно. Толщина плит перекрытий и покрытия – 160 мм. Толщина диафрагм 300 мм. Основанием здания была принята

фундаментная плита толщиной 1200 мм, с коэффициентами постели $C_1=10000$ кН/м³ и $C_2=100000$ кН/м.

Сечения элементов, классы бетона и арматуры (бетон С20/25, арматура А400С) соответствуют наиболее широко применяемым при возведении зданий повышенной этажности на территории Украины в т.ч. и АР Крым.

В ПК ЛИРА предусмотрен нелинейный процессор, предназначенный для решения физически и геометрически нелинейных, а также контактных задач. В работе [10] профессор А.С. Городецкий отмечает, что применение нелинейного процессора позволяет получить гораздо более обширные и соответствующие действительности сведения о НДС конструкции, включающей нелинейно деформируемые материалы, чем при расчете по линейному закону деформирования.



а)

б)

Рис. 3. Общий вид расчетной модели

а) Секция 1, б) Секция 2

Fig.3. Overview of calculation model

а) Section 1, б) Section 2

Расчет на устойчивость к прогрессирующему обрушению выполняли с помощью «Монтажных таблиц», где моделировали стадии обрушения.

Формировали две стадии: в первую входят все элементы конструкции без исключения; во второй в качестве демонтируемого элемента принимали разрушаемую колонну.

Результатом расчёта являются усилия, напряжения и перемещения на каждом из этапов приложения нагрузки, картины трещин в диафрагмах и плитах перекрытия и покрытия, места образования пластических шарниров, информация об элементах, разрушающихся в первую очередь.

В расчетной модели загрузки заданы следующим образом

- первое нагружение моделирует все постоянные и длительные нагрузки согласно их нормативным значениям [3];

- второе нагружение учитывает коэффициент динамичности $K_{dv} = 1,2$ согласно [5]. Для этого в верхний узел разрушенной колонны (или участка стены) приложено усилие, составляющее определенную часть от продольного усилия в этой колонне (стене), возникающего при действии нагрузок из первого нагружения. К этому можно

добавить, что западные инженеры при анализе опасности прогрессирующего обрушения принимают $K_{dv}=2$ [14].

Документ [5] ограничивает площадь, на которой возможно локальное обрушение 80 м^2 , а также площадь сечения исключаемых из работы конструкций $0,9 \text{ м}^2$.

В рассматриваемых моделях значения динамического догружения равны:

Для Секции № 1:

Удаление колонны # 1 $N_{dv} = 312 \text{ кН}$;

Удаление колонны и участка стены # 2 $N_{dv} = 406 \text{ кН}$;

Удаление колонны и участка стены # 3 $N_{dv} = 491 \text{ кН}$;

Для Секции № 2:

Удаление колонны и участка стены # 1 $N_{dv} = 383 \text{ кН}$;

Удаление колонны и участка стены # 2 $N_{dv} = 580 \text{ кН}$;

Удаление колонны # 3 $N_{dv} = 454 \text{ кН}$

По изополям перемещений перекрытия над удаленной колонной (участком стены), показанным на рис.4-5, можно видеть, что наибольшие перемещения возникают при выключении из работы колонн #1 в секции 1 и #3 в секции 2.

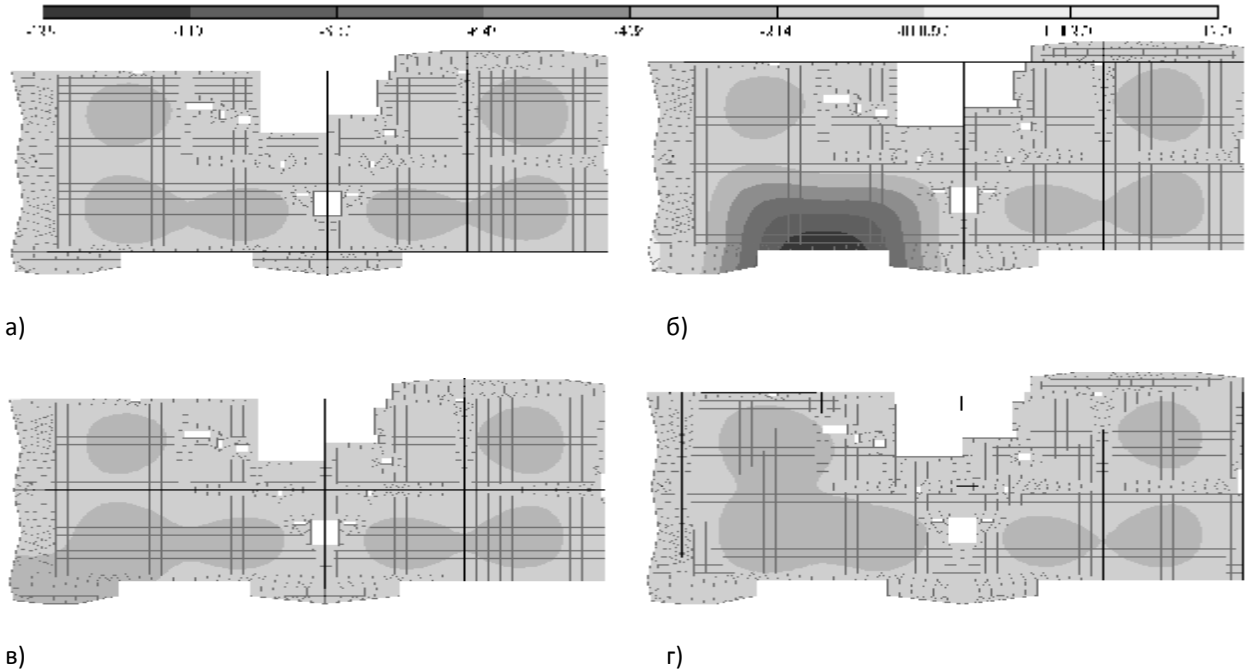


Рис. 4. Изополя перемещений перекрытия над разрушаемой конструкцией по оси Z.
 а) при нормальной эксплуатации, б) при удалении колонны # 1, в) при удалении колонны и участка стены # 2, г) при удалении колонны и участка стены # 3
 Fig.4. Isofields of movements overlap deteriorated structures along the axis Z.
 а) in normal operation, б) removing the column # 1, в) removing column and wall segment # 2, г) removing column and wall segment # 3

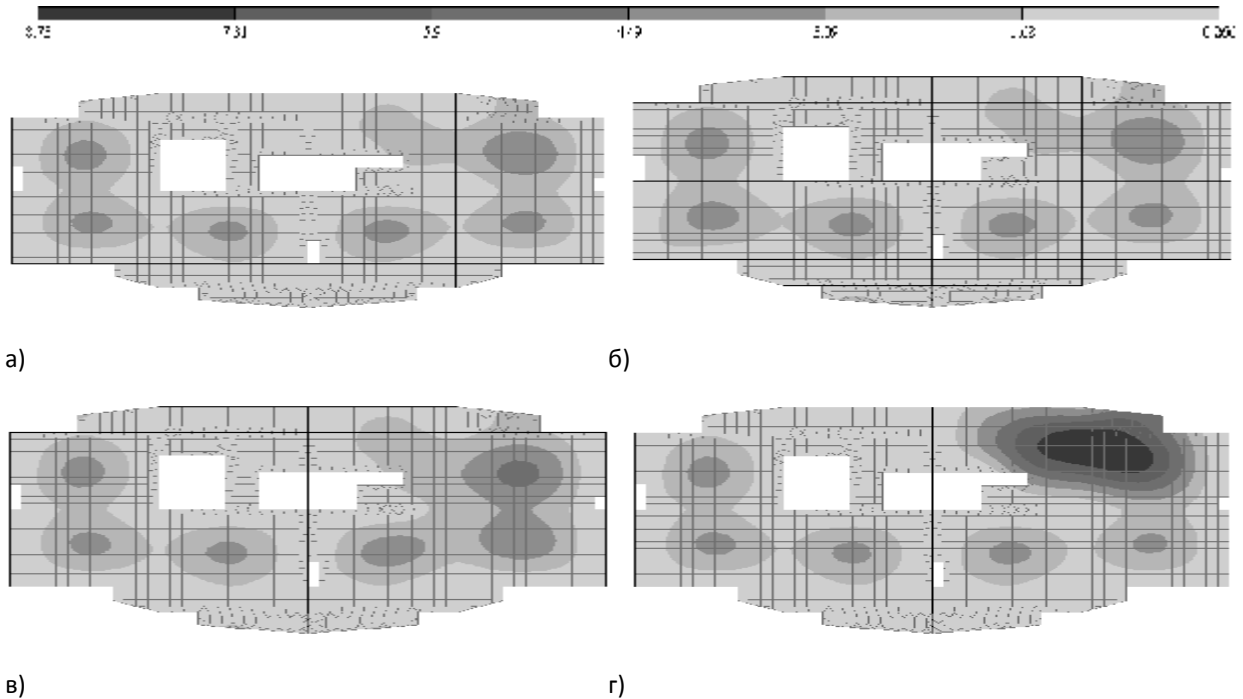


Рис. 5. Изополя перемещений перекрытия над разрушаемой конструкцией по оси Z.
 а) при нормальной эксплуатации, б) при удалении колонны и участка стены # 1, в) при удалении колонны и участка стены # 2, г) при удалении колонны # 3
 Fig.5. Isofields of movements overlap deteriorated structures along the axis Z.
 а) in normal operation, б) removing the column and wall segment # 1, в) removing column and wall segment # 2, г) removing column and wall segment # 3

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ НА СТОЙКОСТЬ

Во всех других рассматриваемых сценариях такого не наблюдается ввиду присутствия над удаленными участками несущих конструкций участков стен, выполняющих роль связевого этажа, через который происходит перераспределение нагрузок с удаляемых конструкций.

ВЫВОДЫ

По значениям усилий и перемещений, возникающих в конструкциях рассматриваемых зданий, запроектированных с учетом сейсмичности 7 баллов, можно сделать вывод о защищенности несущей системы от прогрессирующего обрушения, при соблюдении следующих конструктивных мероприятий:

- предусмотренный проектом пластический характер разрушения несущих конструкций;

- обеспечение непрерывности и обязательной стыковки арматуры перекрытия и ригелей а так же надежность анкеровки арматуры на крайних опорах.

Также установлено, что применение разгружающих конструкций в виде связевых этажей, снижает вероятность возникновения прогрессирующего обрушения.

Очевидно, что вопрос защиты конструкций зданий, расположенных, в том числе и в сейсмоопасных районах, от прогрессирующего обрушения является актуальным и требует проведения дальнейших исследований в этом направлении

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазов В.О., 2008. Железобетонные каркасы без прогрессирующего разрушения.- М.: МГСУ. – 32.
2. Гензерский Ю.В. ЛИРА 9.4., 2006. Примеры расчета и проектирования. Приложение к учебному пособию ЛИРА 9.2. / Ю.В. Гензерский, А.Н. Куценко, Д.В. Марченко, и др. – К.: НИИАСС. – 124.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия./ Минстрой Украины. - К.: Сталь - 60.
4. ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. - К.: Мінрегіонбуд України. – 53.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. - К.: Мінрегіонбуд України. – 32.
6. ДБН В 2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. -К.: Мінрегіонбуд України.-75.
7. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. -К.: Мінрегіонбуд України.- 172.
8. Кореньков П.А., 2013. Построение расчетной модели с учетом нелинейных свойств материала при анализе опасности прогрессирующего обрушения железобетонных каркасов.// Строительство и техногенная безопасность / Сб. науч. тр НАПКС. - Вып.45, 22 – 28.
9. Морозова Е.,2012. Сейсмостойкость реконструируемых зданий средней этажности // MOTROL. —Vol. 14, № 1, 48 — 54

10. ПК ЛИРА, версия 9, 2003. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. // Справочно-теоретическое пособие. – К.-М.: Факт. – 464.

11. Чеботарева Е., 2010. Исследование напряженно-деформированного состояния отдельно стоящих двухслойных железобетонных фундаментов методами компьютерного моделирования// MOTROL. — № 12D, 156 — 161.

12. Шабалин В., Богза В., Богданов С., 2012. Расчет вероятности отказов конструктивного элемента сборно-разборных легких металлических конструкций// MOTROL. — Vol. 14, № 2, 164 —167.

13. ASCE 7-02. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, 2002 edition. American Society of Civil Engineers, Reston, VA. – 419.

14. Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Expansion Projects, prepared by Applied Research Associates for GSA, Washington, D.C., 2003. – 119

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF PAYMENTS OF RESISTANCE TO PROGRESSIVE COLLAPSE OF APARTMENT COMPLEX IN SIMFEROPOL BASED ON NUMERICAL SIMULATION OF BEARING SYSTEMS

Summary: Presents the results computational analysis of resistance to progressive collapse of reinforced concrete frame apartment complex, located in a seismically dangerous area. The possibility of using certified in Ukraine software systems for the analysis of risk of progressive collapse of high-rise buildings with a concrete frame. Identified the need for further research in this area.

Key words: High-rise apartment buildings, accidents, vitality, progressive collapse, numerical modeling, physical nonlinearity.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШТАМПОВ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ

Геннадий Клещёв, Леонид Коломиец, Максим Клещев, Александр Мовчан

Одесская государственная академия технического регулирования и качества
Адрес: 65020, Одесса, ул. Кузнечная, 15
e-mail: odivt@mail.ru

Аннотация. Рассматривается новая технология производства штампов холодной листовой штамповки, позволяющая сократить время и трудоемкость проектирования и изготовления деталей штампов.

Ключевые слова: интегрированная сквозная подготовка производства, новая технология, продление «жизненного цикла» штампов, адаптивная модель.

ВВЕДЕНИЕ

В стране существует проблема по производству штампов холодной листовой штамповки (ХЛШ) в основном до 85% выполняемых вручную. В современном производственном процессе холодная листовая штамповка является одним из наиболее распространённых методов, который позволяет изготавливать самые разнообразные по форме детали в короткие сроки с минимальными затратами. Технология является перспективной т.к. удельный вес штампуемых из листа деталей для основных отраслей промышленности составлял от 60% до 85%, а также необходимой т.к. расширяется номенклатура холодно-штампуемых деталей за счёт труднодеформируемых и малопластичных металлов, сплавов и неметаллических деталей. Эта технология целесообразна т.к. имеются сведения о тенденции перевода ряда процессов литья иковки на холодную листовую штамповку, что снижает вес детали на 50% и уменьшает расход металла до 70%. Все вышесказанное приводит к выводу о необходимости дальнейших исследований и проведения экспериментальных работ в области автоматизации процессов подготовки производства (ПП) штампов ХЛШ. Создание интегрированных сквозных технологий подготовки производства, разработка управляющих программ для станков с ЧПУ невозможен без создания систем автоматизированных конструкторских и технологических проектных работ (САПР).

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы экономики в процессах проектирования штампов тесно связаны с стандартизацией, типизацией, унификацией и затратами на их изготовление. Сказанное вызывает необходимость, с одной стороны, замены общепринятых (ручных) методов решения задач подготовки

холодноштампового производства, с другой стороны, создания интегрированных адаптивных сквозных систем автоматизированного конструкторско - технологического проектирования и изготовления штампового инструмента на базе математических методов и средств вычислительной техники. Тенденция рынка к мелкосерийному (единичному) производству изделий заставила многих производителей обращаться к более гибким методам обработки, позволяющим чаще перестраивать производство, затрачивая на это минимум времени и трудозатрат. В связи с этим возникла необходимость в технически гибких системах и спецстанках, позволяющих повысить производительность при экономичности занимают основное место в рыночных отношениях. От мелкосерийном производстве. Рассмотренные последние публикации и в них исследования носят демонстрационный характер[1] с относительным приближением к реальному проектированию и изготовлению штампов ХЛШ. В тоже время при единичном (индивидуальном) или мелкосерийном производстве вопросы стоимости и серийности и количества выпускаемой продукции значительно зависят и вышеуказанные показатели. Для устранения указанной проблемы на базе патента (Пат. Украины №48027) разработана модель интеллектуальной интегрированной адаптивной сквозной системы автоматизации проектных работ (ИАС САПР), которая представлена[1, 2, 6, 18] ниже (рис.1).

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Повышение эффективности изготовления деталей штампов холодной листовой штамповки на базе интегрированной адаптивной сквозной системы автоматизации проектных работ с использованием штамп – полуфабрикатов, что позволило создать безлюдную, безбумажную [7, 2, 15, 17, 12] конкурентоспособную систему для всех отраслей народного хозяйства (сельхозмашиностроения, архитектуры, строительства, машиностроения, авиастроения и т.д.).

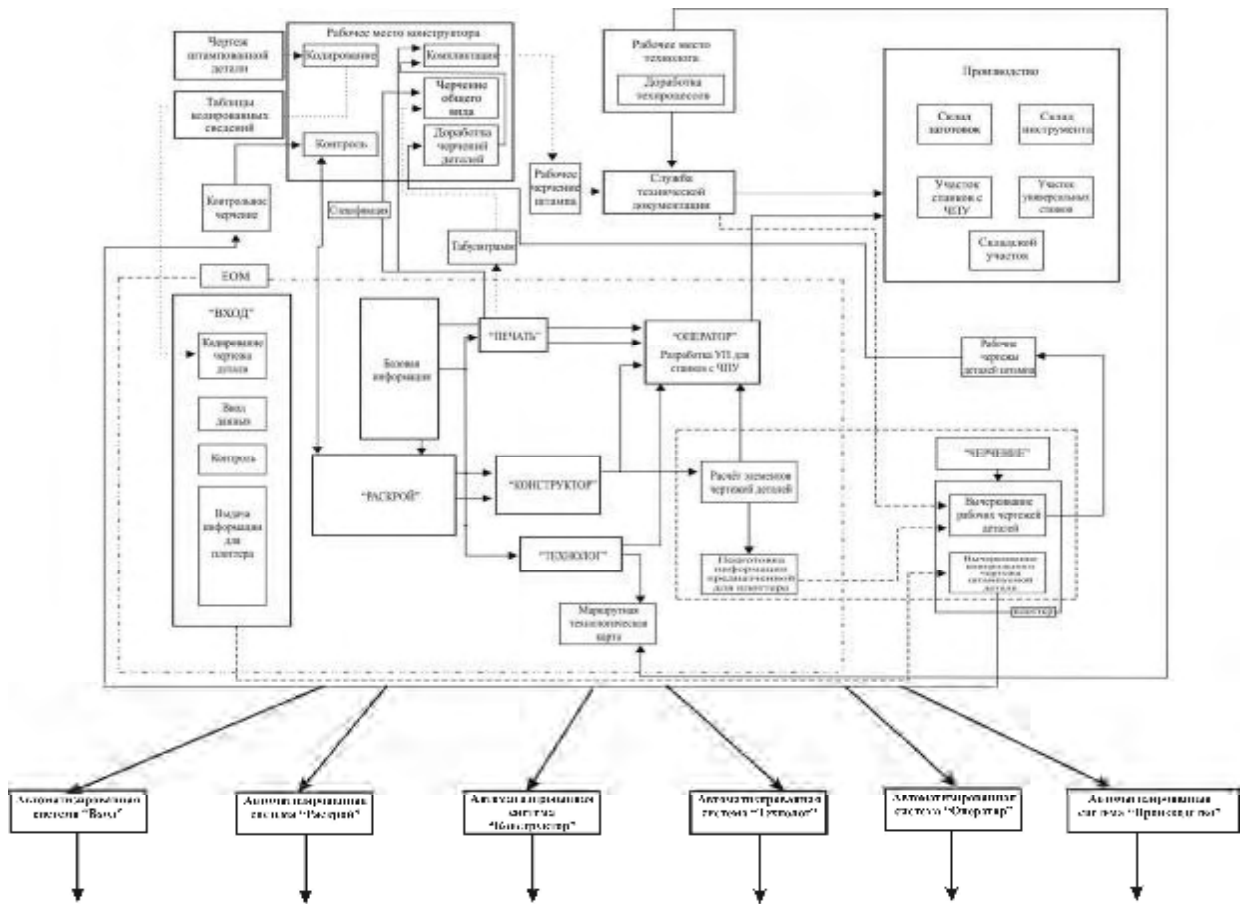


Рис.1. Модель интегрированной сквозной компьютерной технологии управления подготовкой производства и изготовления деталей штампов
 Fig.1. Model of computer - integrated through computer technology of management preproduction and making of details of stamps

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время во всех отраслях страны заводы, производящие конструкции штампов холодной листовой штамповки из металла осуществляют производство (проектирование, изготовление и ремонт) штампов, в основном, на своих предприятиях «вручную» или используя отдельные (локальные) системы, что приводит к большим трудовым и финансовым затратам. Предлагается автоматизировать указанный производственный процесс, используя ИАС САПР подготовки производства и изготовления деталей штампов. На выходе ИАС САПР имеет шесть автоматизированных систем [1]. Первая автоматизированная система «Вход». Система после сканирования исходного задания или заполнения четырех таблиц кодированных сведений (ТКС) автоматически передает эту информацию во все системы: от системы «Раскрой» до системы

подготовки управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ. Это является отличительной особенностью по сравнению с ранее применяемыми локальными системами, исключая промежуточное кодирование сконструированных деталей штампов. При разработке автоматизированной системы «Раскрой» увеличен коэффициент использования материала за счет использования «делового» отхода. В автоматизированной системе «Конструктор» используются стандартизованные и унифицированные штампы – полуфабрикаты (см.Рис.2), состоящие из блоков и пакетов. Это позволяет конструировать только один блок для всей партии (например, состоящей из 100 заказов одного типоразмера) и для него разрабатывать одни технологические карты и одни УП, а также перейти при изготовлении деталей от единичного к серийному производству, что дает возможность рабочему не перестраиваться в течении смены, двух смен и т.д.

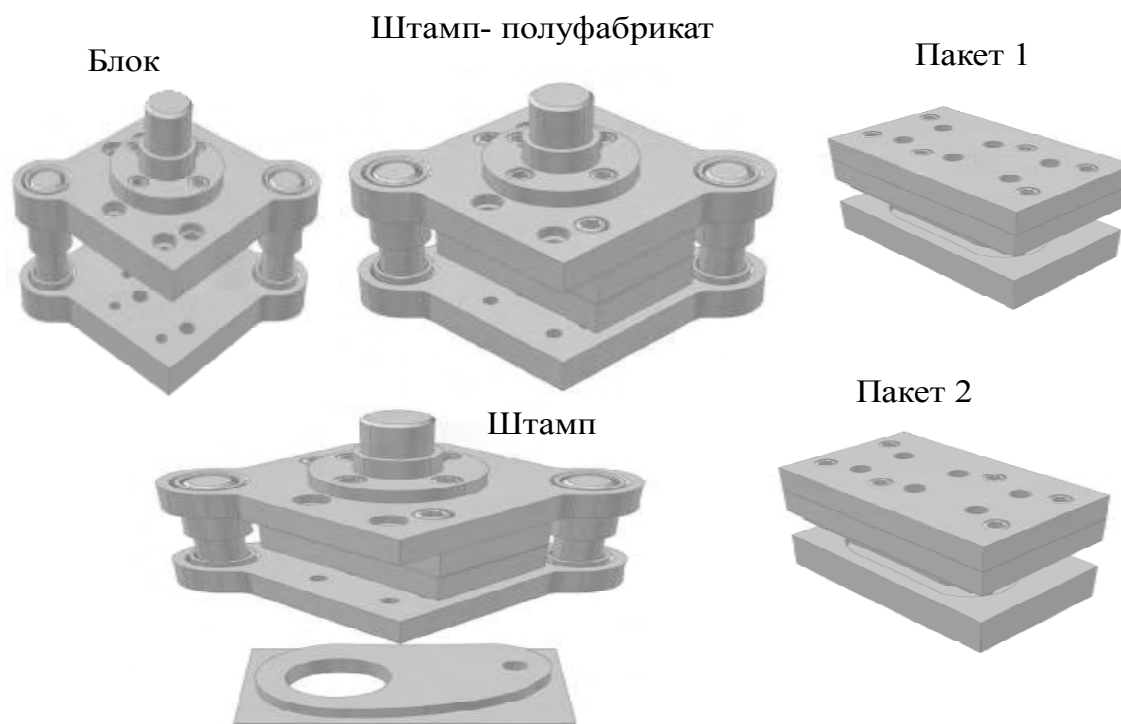


Рис. 2 Модель композиции штампа для детали заказчика на базе штамп - полуфабриката

Fig. 2 Model of composition stamp for the detail of customer on a base stamp - intermediate product

Разработанные УП автоматически без участия оператора (безлюдная, безбумажная технология) передаются [3, 4] в автоматизированную систему «Производство». При необходимости чертежи деталей штампа и технологические карты выдаются заказчику.

Учитывая большой производственный опыт, предлагается производство (проектирование, изготовление в металле и ремонт) штампов осуществлять централизованно по следующему алгоритму (см. рис. 3). В стране создаются два предприятия – изготовителя дублирующие друг друга для обеспечения бесперебойной работы. С этой же целью они соединены между собой информационной связью. Предприятия изготовители – дублиеры, сформировав «Портфель» заказов по типоразмерам штампов, спроектировав и изготовив их с использованием штамп - полуфабрикатов в металле, выдают штампы заказчику, но не выдают заказчику комплекты

чертежей и технологических карт, оставляя их сведения в базах данных и знаний (БДиЗ) предприятий – дублеров, осуществляющих производство (проектирование и изготовление) штампов при помощи ЭВМ (поток 1 и 2). Таким образом на этой стадии высвобождаются десятки конструкторов и технологов, изготавливавших эту документацию на предприятиях дублерах - изготовителях штампов. Заводы заказчики, отправляя штампы (и штампы – дублиеры, которых заказчик заказывает от 2_х до 4_{ох} штук) на централизованный ремонт (поток3) предприятиям изготовителям, которые используют для ремонта ту же ИАС САПР, тоже оборудование и тех же специалистов – «продление жизненного цикла» штампов [5, 9, 12], также высвобождают у себя десятки конструкторов, технологов и рабочих высокой квалификации, участвовавших в ремонтных работах штампов (поток4).

Математическая модель новой технологии производства штампов по прибыли и себестоимости представлена в [1,6,10,13].

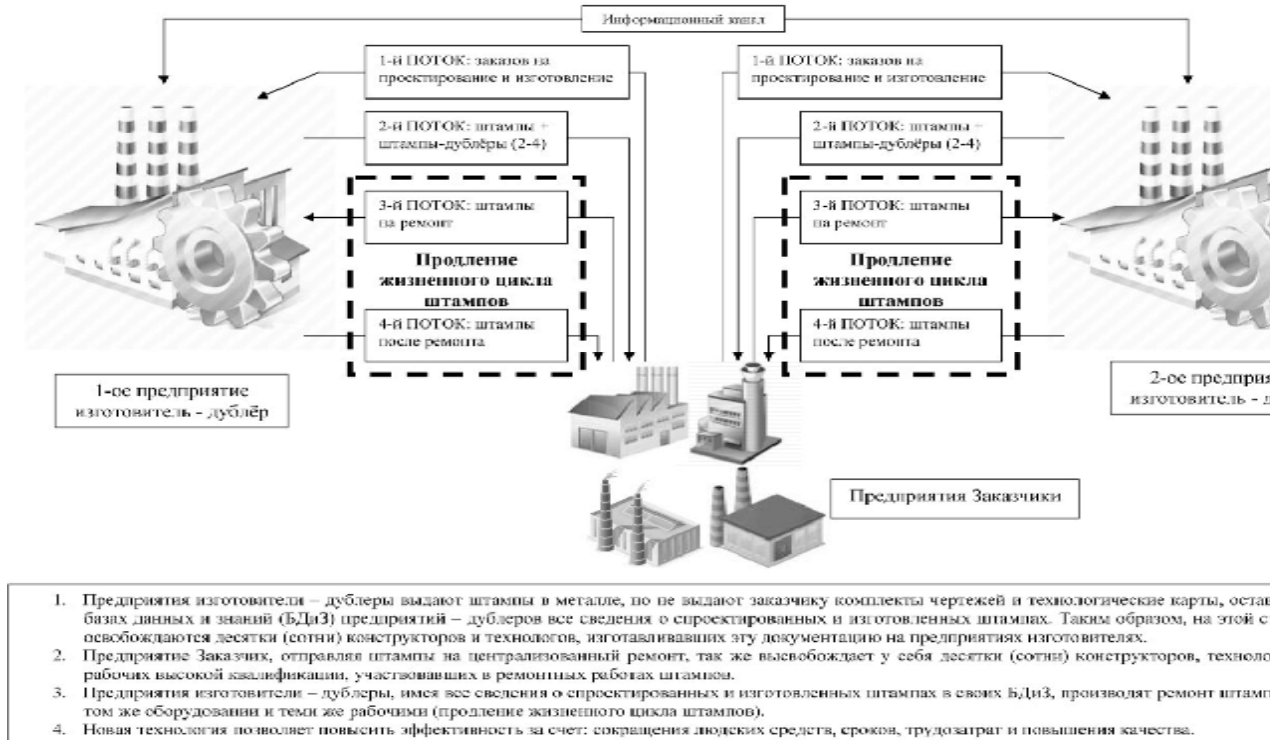


Рис.3. Модель новой технологии производства штампов холодной листовой штамповки в стране
 Fig.3. Model of new technology of production of stamps of the cold sheet stamping in a country

Используя математические выкладки полученные в статье [1] запишем окончательные

$$\frac{c_j^1 + c_j^2 (x_j^1 + x_j^2) + c_j^3 + o_j + z_j}{\theta_j} \tag{1}$$

$$\frac{c_j^1 + c_j^2 (x_j^1 + x_j^2) + c_j^4 (y_j^1 + y_j^2)}{\theta_j} \tag{2}$$

Оценим отношения (1) и (2) (3)

$$\frac{c_j^1 + c_j^2 (x_j^1 + x_j^2) + c_j^3 + o_j + z_j}{\theta_j} \gg \frac{c_j^1 + c_j^2 (x_j^1 + x_j^2) + c_j^4 (y_j^1 + y_j^2)}{\theta_j}$$

Как видим из формулы (3) себестоимость базового варианта - 1 существенно превышает себестоимость новой технологии - варианта 2.

Потребность в производстве штампов по стране составляет десятки тысяч и носит массовый характер. Основываясь на сказанном математическое обоснование процессов автоматизированного проектирования и управления в «новой технологии» относится к эрланговой теории - теории массового обслуживания (ТМО) тесно связанной с использованием аппарата марковских процессов с непрерывным временем. Моменты поступления заказов (как на проектирование и изготовление, а тем более на ремонт) – случайны и носят хаотический характер, в силу чего во входных потоках Пуассона (на

проектирование и на ремонт), образуются случайные неравномерные загрузки оборудования. Такая неравномерность является характерной чертой задач теории массового обслуживания. Как известно входящим пуассоновским потоком называют последовательность требований, которые поступают в обслуживающую систему. Поток Пуассона определяется наличием трех свойств: стационарности, ординарности и отсутствия последствия. Стационарность потока означает постоянство во времени. Ординарным, если вероятность поступлений на бесконечно малом интервале времени имеет порядок выше, чем длина этого интервала [198]. Поток без последствия, если для любого значения t случайные моменты поступления требований, расположенные на

интервалах $(0, t)$ и $(0, \infty)$ взаимно независимы.

Весьма удобным и более гибким является поток Эрланга, представляющий собой обобщение пуассоновского потока. Для его получения необходимо при некотором целом $k > 0$ «просеять» пуассоновский поток, оставив каждое k -е требование. Каждому значению k соответствует свой поток Эрланга [198]. Время обслуживания является случайной величиной. Системы обслуживания по ТМО с учетом пуассоновского потока могут быть трех видов: системы с ожиданием, системы с потерями и системы смешанного типа. В производственных условиях изготовления и ремонта штампов все три вида обслуживания является реальными. В первом случае, когда есть еще штампы- дублиеры и нет необходимости «срочности» возможен вид системы с ожиданием. В том случае, когда штампы-дублиеры на исходе штампа, подлежащий ремонту, «покидает» очередь (система с потерями) и «переходит» на ремонт в систему, где есть свободное место и, наконец, при необходимости «срочности» ремонта штамп перемещается из ремонтной системы в систему, где есть свободное место для ремонта (система смешанного типа).

Рассматривая Марковские цепи с непрерывным временем, где $\xi(t)$ - номер состояния в котором находится система в момент t . Такая ситуация возникает в теории массового обслуживания. Процесс $\xi(t)$ называется марковским, если он обладает марковским свойством: при известном настоящем ξ_n будущее ξ_{n+1} не зависит от прошлого ξ_{n-1} .

$$\xi_{n+1} = \xi_n + V_{n+1} \quad (4)$$

где V_{n+1} – приращения (в нашей «новой технологии» - случайные внешние воздействия: заказы на изготовление и ремонт штампов).

Это основная формулировка марковского процесса, которая проходит через все свойства, через весь материал по марковским процессам. И только в небольшом приложении данного теоретического материала есть высказывание, что если нет настоящего ξ_n то необходимо пользоваться прошедшим ξ_{n-1} .

$$\xi_{n+1} = \xi_{n-1} + V_{n+1} \quad (5)$$

В настоящее время, в основной массе, промышленные предприятия в стране не функционируют. Поэтому в данной работе и в работах [2,4,5,6] используются ряд ссылок на марковское определение: «если нет настоящего ξ_n то необходимо пользоваться прошедшим ξ_{n-1} ». Прошедшие показатели по: отраслям, министерствам, отдельным предприятиям.

ВЫВОДЫ

Представленная в статье ИАС САПР значительно повышает эффективность по сравнению с ручным проектированием и изготовлением штампов. В тоже время по новой технологии затраты на ремонт у изготовителя существенно меньше чем для j -го предприятия заказчика штампов, отпадает потребность в изготовлении документации, содержания своего ремонтного участка и

обслуживании ремонтного оборудования. Как видно, себестоимость конечной продукции (штампующих деталей), изготовленной на штамповом оборудовании, при новой модели технологии проектирования и изготовления штампов существенно меньше, так как предприятия не несут затраты, связанные с содержанием ремонтных цехов и обслуживанием ремонтного оборудования. Кроме того себестоимость существенно снижается за счет документации, которую нет необходимости выдавать заказчику. В этом случае высвобождаются конструктора и технологи, что также снижает себестоимость конечной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клещев Г.М., 2008. Математическая модель автоматизированной интегрированной системы подготовки производства штампов ХЛШ// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Вип. №29, 136 - 143.
2. Квасников В., Коломиец Л., Клещев Г. и др., 2010. Патент Украины № 48027. - Метод інтегрованої наскрізної підготовки виробництва та виготовлення деталей штампів». Оpubл. 10.03.2010, №5.
3. Клещев Г.М., Коломиец Л.В., 2010. Безлюдна, безпаперова, наскрізна комп'ютерна технологія управління виробництвом штампів ХЛШ є критерієм якості// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Вип. №37, 161 - 165.
4. Клещев Г.М., 2011. Интегрированная адаптивная сквозная компьютерная технология механообработки деталей штампов холодной листовой штамповки. Київ: Зб. наук. пр. військового інституту Київського національного університету ім. Т. Шевченка. - Вип. №30, 110 - 114.
5. Клещев Г., Коломиец Л., 2012. Продление «жизненного цикла» штампового інструмента – основной критерий интегрированной сквозной системы автоматизации проектирования штампов// MOTROL. – Vol. 14, №1, 167 - 172.
6. Клещев Г.М., 2010. Адаптивна наскрізна комп'ютерна технологія управління підготовкою виробництва та виготовлення деталей штампів на базі штамп – напівфабрикатів. – Одеса - 283.
7. Богач А.Н., Клещев Г.М., Живица В.И. 2005. Математическая модель теоретических основ создания автоматизированных интегрированных систем сельхозпроизводства// MOTROL. - №7, 200 - 204.
8. Клещев Г.М. 2006. Информационный интегрированный промышленный комплекс с экономической системой управления в сельхозпроизводстве// MOTROL. - №8А, 158 - 167.
9. Клещев Г.М., 2008. Интегрированная система механообработки с смешанным гибким производством вырубных штампов ХЛШ// MOTROL. - № 10В, 54 - 58.
10. Клещев Г., 2008. Точность измерений- основной фактор качества изготовления штампов в сельхозпроизводстве// MOTROL. - №10А, 191 - 196.

11. Клещев Г., Перетяка Н., Возна Т., Грабовський О., 2009. Стан проблеми стандартизації і уніфікації при проектуванні штампів холодної листової штамповки// MOTROL. - № 11А, 19 0- 192.
12. Клещев Г., Коломиец Л., 2010. Наскрізна комп'ютерна технологія керування підготовкою виробництва штампів ХЛШ на базі стандартизованих та уніфікованих штамп-напівфабрикатів у сільгоспвиробництві// MOTROL. - № 12, 54 – 58.
13. Клещев Г.М., 2008. Фрагменты создания математической модели интегрированной системы производства штампов ХЛШ// К.: Вісник інженерної Академії України. - Вип. 2., 237 - 240.
14. Клещев Г.М., 2009. Економія площин за рахунок застосування роторного способу виробництва і облік погрешностей устаткування при виготовленні деталей штампів ХЛШ//Одеса: Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Вип.№ 34, 386 - 394.
15. Клещев Г., 2009. Адаптивна модель управління стандартизованою підготовкою виробництва штампів в сіль госп виробництві//. Одеса: Зб. наук. пр. ОДАУ. – Вип. 48, 41 - 45.
16. Клещев Г., 2011. Исследование станочных погрешностей в условиях производства деталей штампов в среде адаптивной сквозной компьютерной технологии// Кіровоград: Зб. Кіровоградського нац. техн. ун-ту. Техніка в сільському господарському виробництві, галузеве машинобудування, авто матизація. - Вип. 24, 62 - 67.
- 17.. Клещев Г.М., 2010. Интегрированная адаптивная сквозная компьютерная технология механообработки деталей штампов холодной листовой штамповки // К.: Зб. наук. пр. військового інституту Київського нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. - Вип.№30, 110 - 114.
18. Клещев Г.М., 2011. Интеллектуальная адаптивная сквозная компьютерная технология механообработки деталей штампов// Харьков: Системи обробки інформації. Метрологія та вимірвальна техніка. - Вип. 6 (96), 225 - 228.

NEW TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF STAMPS OF COLD SHEET STAMPING FOR BUILDING AND AGRICULTURALMACHINEBUILDING

Summary. New technology of production of stamps of the cold sheet stamping, allowing to shorten time and labour intensiveness of project and making of details of stamps, is examined.

Key words: computer-integrated through preproduction, new technology, extension of «life cycle» of stamps, adaptive mod

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАСОСА-ДОЗАТОРА СИСТЕМЫ ГИДРООБЪЕМНОГО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ САМОХОДНЫХ МАШИН

Николай Иванов, Леонид Середа, Оксана Моторная, Алексей Переяславский

Винницкий национальный аграрный университет
21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3
e-mail: mosgv@ukr.net

Аннотация. Рассматривается усовершенствованная конструкция насоса-дозатора, в котором модернизирован распределительный узел. При этом сливная кромка золотниковой пары выполнена в виде дополнительного однокромочного золотника. Предложена оригинальная система управления положением дополнительного однокромочного золотника. Разработана математическая модель системы гидрообъемного рулевого управления на базе предложенного насоса-дозатора.

Ключевые слова: система рулевого управления, насос-дозатор, математическая модель.

ВВЕДЕНИЕ

Системы гидрообъемного рулевого управления широко используются в мобильных машинах [1], что объясняется их большей компактностью в сравнении с механическими аналогами, что освобождает в передней части машины пространство для размещения рабочих органов различного технологического назначения. Поэтому такие рулевые механизмы широко применяются на сельскохозяйственных, дорожных, лесотехнических и др. машинах.

В настоящее время существует большое количество разнообразных гидрообъемных рулевых механизмов, но в связи с повышением технологичности конструкции рулевых механизмов и ростом требований к безопасности эксплуатации транспортных средств [2] стоит задача создания новых образцов таких изделий.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

Многолетний опыт ведущих производителей насосов-дозаторов (Danfoss, Rexroth, Char-Lynn и др. [3, 4, 5]) показывает, что оптимально в конструкции таких изделий использовать дозатор с героторной рабочей парой и распределитель с поворотным золотником.

На Украине насосы-дозаторы серийно изготавливаются на Одесском предприятии «Стройгидравлика», конструкция которых предложена автором Обидиным В. Я. [6]. Особенности конструкции этих механизмов является использование дозатора с шестеренной зубчатой парой в комплекте с понижающим планетарным редуктором и распределителя с осевым золотником в комплекте с механизмом

преобразования входного поворотного воздействия в осевое перемещение золотника.

Несмотря на целый ряд оригинальных конструктивных решений, в целом эти насосы-дозаторы характеризуются большим суммарным люфтом, увеличенным линейным габаритом, необходимостью настройки среднего положения золотника в каждом изделии и некоторыми другими недостатками. При этом следует отметить несравненно более высокую технологичность самого дозатора с шестеренной зубчатой парой в сравнении с героторной, а также более простую систему распределения потока к камерам рабочей пары дозатора. Кроме того, такая рабочая пара менее чувствительна к загрязнениям рабочей жидкости. Как показал многолетний мониторинг эксплуатации насосов-дозаторов такой конструкции (более 20 лет) отказов по вине заклинивания шестеренной пары не отмечалось.

В связи с этим задачу повышения технических характеристик насосов-дозаторов на Одесском предприятии «Стройгидравлика» решали с условием сохранения прежней конструкции дозирующего узла.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ

Усовершенствование конструкции насоса-дозатора велось в направлении замены осевого золотника на поворотную золотниковую пару. При этом для упрощения золотниковой пары сливная кромка, которая отводит неиспользуемую часть потока рабочей жидкости от насоса питания постоянной производительности на слив, выполнена в виде отдельного однокромочного золотника [7].

Конструктивная схема усовершенствованного насоса-дозатора показана на рис. 1. В центральном

отверстии корпуса 1 (рис. 1,а) расположена гильза 2 с возможностью вращения, а в отверстии гильзы установлен золотник 3 с возможностью ограниченного поворота относительно гильзы, образуя золотниковую пару.

золотником и гильзой. Дозирующий узел 4 представляет собой центральное зубчатое колесо 5 и три сопряженных зубчатых колеса 6, которые образуют рабочую пару дозирующего узла (рис. 1,б).

На поверхности золотника выполнены пазы и отверстия, которые с отверстиями в гильзе образуют дроссельные кромки для реализации коммутации входных и выходных каналов в соответствии с заданным управляющим воздействием.

Вращение центрального зубчатого колеса 5 с помощью валика 7 передается через планетарный

Входное воздействие насосу-дозатору передается поворотом золотника 3 от рулевого колеса, что задает угловое рассогласование $\Delta\varphi$ между

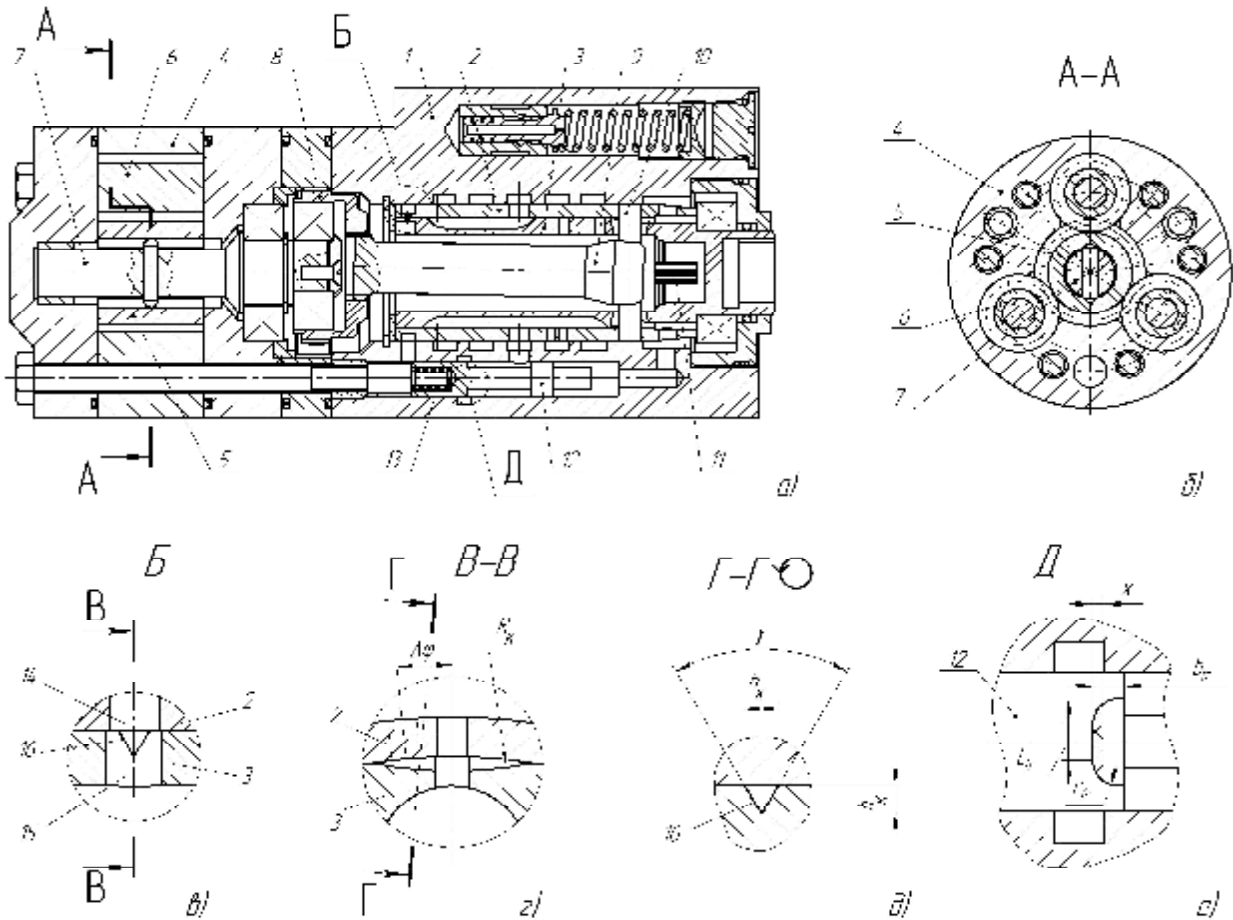


Рис. 1. Насос-дозатор усовершенствованной конструкции

Fig. 1. Metering pump of the improved design

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАСОСА-ДОЗАТОРА СИСТЕМЫ

редуктор 8, карданный вал 9 и штифт 10 гильзе 2, чем реализуется местная обратная связь по углу поворота центрального зубчатого колеса дозатора.

Сливной дроссель, который отводит неиспользуемую часть потока рабочей жидкости на слив, выполнен в виде отдельного однокромочного золотника 12, поджатого с одной стороны пружиной 13. Такое выполнение сливного дросселя позволило исключить из конструкции золотника и гильзы нетехнологичные элементы в виде большого количества пазов и отверстий размером 1,2..2 мм, которые формировали сливную кромку на золотниковой паре.

При отсутствии поворота рулевого вала золотник 3 под действием центрирующих пружин 11 находится в нейтральном положении и все дроссельные кромки золотниковой пары, имеющие положительное перекрытие, надежно перекрыты. Весь поток рабочей жидкости от насоса питания отводится на слив.

Для управления положением сливного золотника 12 под оба его торца подводятся управляющие потоки из напорного канала. При этом из полости, где установлена пружина 13, часть потока отводится на слив через дроссель управления давлением.

Дроссель управления давлением выполнен в виде двух отверстий 14 и 15 соответственно на гильзе 2 и золотнике 3 (рис. 1,в) золотниковой пары. Дополнительно на золотнике 3 выполнена поперечная треугольная канавка 16 (рис. 1,г), которая перпендикулярна оси золотника и расположена симметрично относительно радиального отверстия 15 на золотнике.

При отсутствии сигнала управления (угол поворота входного вала равен нулю) золотниковая пара находится в нейтральном положении и отверстия 14 и 15 дросселя управления давлением соосны, образуя максимальную площадь отвода рабочей жидкости на слив. При этом в торцевой полости сливного золотника со стороны пружины создается минимальное давление, и сливной золотник под воздействием потока рабочей жидкости в противоположной замкнутой торцевой полости смещается максимально в сторону пружины, открывая сливной дроссель, и отводит весь поток рабочей жидкости из напорной линии на слив.

При вращении рулевого колеса с определенной скоростью в золотниковой паре создается рассогласование $\Delta\varphi$ и часть потока рабочей

жидкости от насоса питания постоянной производительности подается через дозирующий узел к исполнительному гидроцилиндру системы рулевого управления, а оставшаяся часть потока отводится на слив. И чем больше скорость вращения рулевого колеса, тем большая часть потока жидкости подводится к гидроцилиндру и меньшая часть потока отводится на слив.

Эту функцию разделения потока жидкости выполняет сливной золотник за счет определенного закона изменения площади дросселя управления давлением. Для этого в конструкцию этого дросселя дополнительно введена поперечная канавка 16.

Для обеспечения минимального давления разгрузки в напорной магистрали при нейтральном положении золотника площадь дросселя управления давлением, которая при таком состоянии золотниковой пары определяется диаметрами отверстий 14 и 15, принимается максимально возможной.

Однако после смещения золотника на угол, который задает угловое рассогласование $\Delta\varphi$ между золотником и гильзой, больше положительного перекрытия дроссельных кромок золотниковой пары, площадь дросселя управления давлением должна резко уменьшиться для подъема давления в напорном канале.

В связи с этим диаметры отверстий 14 и 15 дросселя управления давлением принимаются из условия их полного перекрытия после рассогласования в золотниковой паре больше величины положительного перекрытия ее дроссельных кромок. При большом рассогласовании в золотниковой паре площадь дросселя управления давлением определяется площадью поперечной канавки, как показано на рис. 1,д.

Такое выполнение дросселя управления давлением обеспечивает изменение давления в торцевой полости сливного золотника в пределах от минимального до максимального значения при изменении скорости вращения рулевого колеса от нуля до максимального значения.

Рабочая кромка сливного дросселя показана на выносном элементе Д (рис. 1,е) и выполняется с различными параметрами длины $l_{\text{д}}$ и глубины $b_{\text{д}}$ фрезерованных канавок для насосов-дозаторов с различными рабочими объемами и, соответственно, работающих с различными по производительности насосами питания в системе рулевого управления.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Для выбора параметров насоса-дозатора с учетом обеспечения требуемых динамических характеристик всей рулевой системы [8, 9, 10] авторами разработана математическая модель системы рулевого управления мобильной машины.

Расчетная схема системы рулевого управления показана на рис. 2. В верхней части схемы показаны основные конструктивные элементы насоса-дозатора, а ниже показана развертка золотниковой пары, на которой основной линией показаны конструктивные элементы гильзы, а пунктирной – золотника. На схеме обозначены обобщенные координаты элементов системы и параметры физических процессов, которые рассматривались при математическом моделировании.

При составлении математической модели были приняты следующие допущения: плотность, вязкость и коэффициенты расхода рабочей жидкости не зависят от температуры; параметры дроссельных кромок обеспечивают турбулентный режим течения рабочей жидкости; не учитываются потери давления во внутренних каналах насоса-дозатора и на обратных клапанах в связи с их незначительной величиной; не учитываются волновые процессы в связи с небольшими расстояниями между элементами гидромеханизма и гидросистемы.

Кроме того, на первом этапе моделирования механические поворотные звенья дозирующего узла и планетарного редуктора рассматривались как обобщенный узел с приведенными параметрами.

В связи с принятыми допущениями математическая модель системы рулевого управления включает в себя уравнения неразрывности потоков рабочей жидкости на характерных участках гидросистемы и уравнения движения механических элементов системы, а также уравнения, которые определяют особенности работы данной системы [11].

Уравнение баланса расходов на участке от насоса питания до дросселя золотниковой пары, который подводит рабочую жидкость к дозатору, имеет вид:

$$Q_n = Q_{d.вх} + Q_{сл} + Q_{yn.1} + Q_{yn.2} + Q_{деф.1} + Q_{n.4} + Q_{n.5} + Q_{n.9} + Q_{n.10} + Q_{n.19}, \quad (1)$$

где Q_n – расход рабочей жидкости от насоса питания; $Q_{d.вх}$ – расход рабочей жидкости, которая подается к дозирующему узлу через входной дроссель; $Q_{сл}$ – расход рабочей жидкости через дроссель сливного золотника; $Q_{yn.1}$ и $Q_{yn.2}$ – управляющий расход рабочей жидкости, которая подводится соответственно под правый и левый торцы сливного золотника через соответствующий постоянный дроссель $f_{yn.1}$ или $f_{yn.2}$; $Q_{деф.1}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением p_n ; $Q_{n.4}$ и $Q_{n.5}$ – перетечки рабочей жидкости по соответствующим зазорам между корпусом и гильзой; $Q_{n.9}$ и $Q_{n.10}$ – перетечки рабочей жидкости по соответствующим зазорам между гильзой и золотником; $Q_{n.19}$ – перетечки рабочей жидкости по соответствующим зазорам между корпусом и сливным золотником.

Уравнение баланса расходов на участке от дросселя, который подводит рабочую жидкость к дозирующему узлу, до рабочей пары дозирующего узла учитывает следующие составляющие:

$$Q_{d.вх} = Q_d + Q_{деф.2} + Q_{n.3} - Q_{n.4} + Q_{n.13} + Q_{n.14} + Q_{n.15} + Q_{n.16}, \quad (2)$$

где Q_d – расход рабочей жидкости, которая прошла через камеры дозирующего узла; $Q_{деф.2}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением $p_{d.вх}$; $Q_{n.3}$ и $Q_{n.4}$ – перетечки рабочей жидкости по соответствующим зазорам между корпусом и гильзой; $Q_{n.13}$ – перетечки рабочей жидкости

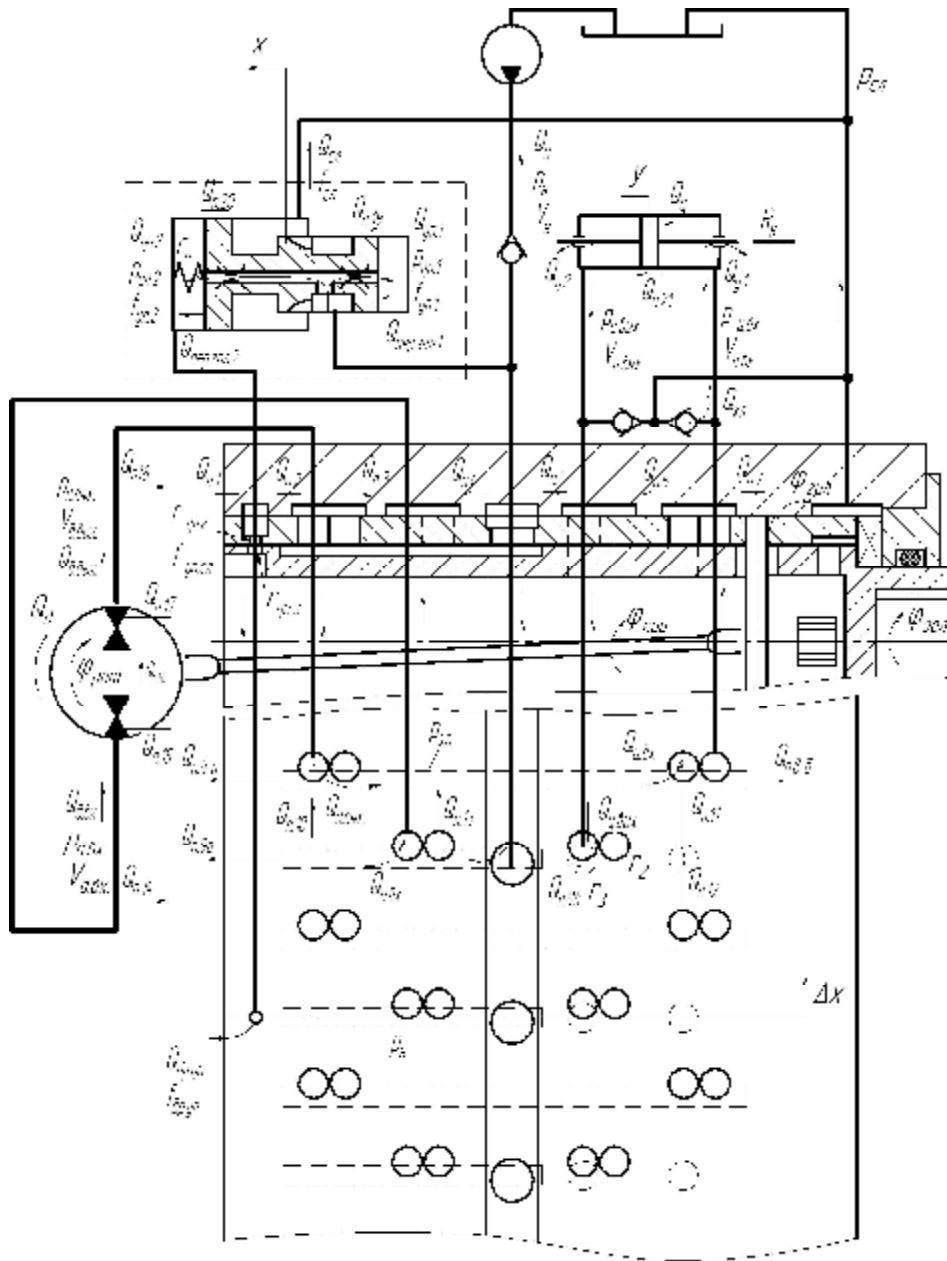


Рис. 2. Расчетная схема системы рулевого управления с насосом-дозатором усовершенствованной конструкции
 Fig. 2. Design circuit of the steering system with the metering pump of the improved design

жидкости по зазору между гильзой и золотником; $Q_{n.14}$ – перетечки в каналах подвода рабочей жидкости к дозирующему узлу по торцовым зазорам между корпусом и узлом планетарного редуктора; $Q_{n.15}$ – перетечки по кромкам подвода рабочей жидкости к рабочим камерам дозирующего узла; $Q_{n.16}$ – перетечки рабочей жидкости через торцовые и радиальные зазоры между шестернями и пластинами дозирующего узла.

Уравнение баланса расходов на участке от дозирующего узла до дросселя, который отводит рабочую жидкость от дозирующего узла:

$$Q_0 = Q_{d.вых} + Q_{def.3} - Q_{n.2} - Q_{n.3} - Q_{n.16} + Q_{n.17} + Q_{n.18}, \quad (3)$$

где $Q_{d.вых}$ – расход через дроссель отвода рабочей жидкости от дозирующего узла; $Q_{def.3}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением $p_{d.вых}$; $Q_{n.17}$ и $Q_{n.18}$ – перетечки рабочей жидкости по соответствующим зазорам аналогично перетечкам $Q_{n.15}$ и $Q_{n.14}$ соответственно.

Уравнение баланса расходов на участке от выходного дросселя дозирующего узла до дросселя подвода рабочей жидкости к исполнительному гидроцилиндру:

$$Q_{d.вых} = Q_{ц.вх} + Q_{def.4} + Q_{n8a} + Q_{n8б} - Q_{n10} + Q_{n11} - Q_{n13}, \quad (4)$$

где $Q_{ц.вх}$ – расход рабочей жидкости, которая подается к исполнительному гидроцилиндру через входной дроссель; $Q_{def.4}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением $p_{з.н}$; $Q_{nep.8}$ и $Q_{nep.11}$ – перетечки рабочей жидкости через соответствующие зазоры между золотником и гильзой.

Уравнение баланса расходов на участке от дросселя подвода рабочей жидкости к исполнительному гидроцилиндру до поршня гидроцилиндра включает

$$Q_{ц.вх} = Q_ц + Q_{def.5} + Q_{n6} + Q_{n7} + Q_{n21} + Q_{y1} - Q_{кл}, \quad (5)$$

где $Q_ц$ – расход рабочей жидкости, который связан с перемещением поршня исполнительного гидроцилиндра; $Q_{def.5}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением $p_{ц.вх}$; $Q_{n.6}$ и Q_{n7} – перетечки рабочей жидкости по соответствующим зазорам между корпусом и гильзой; $Q_{nep.21}$ – перетечки рабочей жидкости между полостями гидроцилиндра; $Q_{y.1}$ –

утечки рабочей жидкости из левой полости гидроцилиндра; $Q_{кл.}$ – расход рабочей жидкости через обратный клапан, который возникает в случае разряжения в полости гидроцилиндра.

Уравнение баланса расходов на участке от поршня гидроцилиндра до дросселя отвода рабочей жидкости от исполнительного гидроцилиндра:

$$Q_ц = Q_{ц.вых} + Q_{def.6} + Q_{y2} - Q_{n21} - Q_{n5} - Q_{n6}, \quad (6)$$

где $Q_{ц.вых}$ – расход рабочей жидкости через дроссель отвода рабочей жидкости от исполнительного гидроцилиндра; $Q_{def.6}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением $p_{ц.вых}$; $Q_{y.2}$ – утечки рабочей жидкости из правой полости гидроцилиндра.

Уравнение баланса расходов в правой торцовой полости сливного золотника:

$$Q_{yn.1} = Q_{nep.зол.1} + Q_{def.7} - Q_{n19}, \quad (7)$$

где $Q_{nep.зол.1}$ – расход рабочей жидкости, который связан с перемещением правого торца сливного золотника; $Q_{def.7}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением $p_{yn.1}$.

Уравнение баланса расходов в левой торцовой полости сливного золотника:

$$Q_{yn.2} = Q_{op.yn} - Q_{nep.зол.2} + Q_{def.8} + Q_{n1} + Q_{n2} + Q_{n20}, \quad (8)$$

где $Q_{op.yn}$ – расход рабочей жидкости через дроссель управления давлением $f_{op.yn}$; $Q_{nep.зол.2}$ – расход рабочей жидкости, который связан с перемещением левого торца сливного золотника; $Q_{def.8}$ – расход, связанный с деформацией рабочей жидкости, которая находится под давлением $p_{yn.2}$; Q_{n1} и Q_{n2} – перетечки рабочей жидкости по соответствующим зазорам между корпусом и гильзой; Q_{n20} – перетечки рабочей жидкости по зазору между корпусом и сливным золотником.

Ниже рассматриваются составляющие уравнений (1) – (8). Расходы через дроссельные кромки золотниковой пары определяются в соответствии с принятым турбулентным режимом течения квадратичной зависимостью [11]:

$$Q_{op.i} = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}} f_{op.i}(\Delta\varphi) \times \sqrt{\Delta p_{op.i}}, \quad (9)$$

где μ – коэффициент расхода рабочей жидкости; ρ – плотность рабочей жидкости; $f_{op.i}(\Delta\varphi)$ – площадь дроссельной кромки, которая зависит от

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАСОСА-ДОЗАТОРА СИСТЕМЫ

рассогласования в золотниковой паре; $\Delta p_{op,i}$ – перепад давления на рассматриваемой кромке.

Площади дроссельных кромок определяются геометрией элементов на золотнике и гильзе, которые образуют дроссель [12]. Большинство дросселей образуются пересечением пазов на золотнике с отверстиями на гильзе. Каждое пересечение образует сегмент, как показано на рис. 3, а дроссельная щель образуется несколькими рядами пазов и отверстий и, кроме того, несколькими отверстиями в каждом ряду.

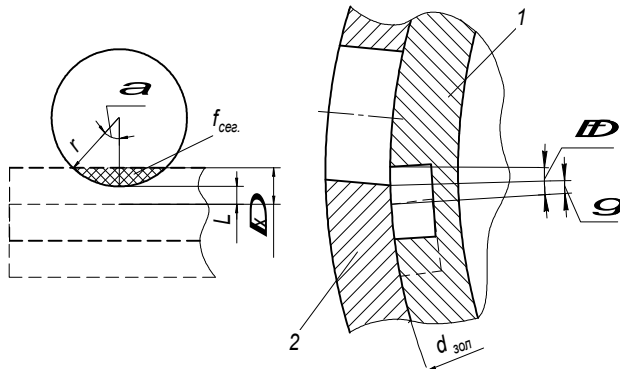


Рис. 3. Площадь сегмента $f_{сее.}$ дросселя, который создается отверстием и пазом
Fig. 3. Area $f_{seg.}$ of the throttle segment created by an opening and a slot

Таким образом, площадь такого дросселя может быть определена зависимостью:

$$f_{op,i}(\Delta\varphi) = n_i \cdot \begin{cases} 0, & \rightarrow \Delta x < L_i \\ r_i^2 \alpha_i - r_i(r_i + L_i) - \Delta x \sin \alpha_i, & \rightarrow \Delta x \geq L_i \end{cases} \quad (10)$$

где n_i – количество отверстий, которые образуют дроссель; r_i – радиус отверстия, которое образует дроссель; L_i – положительное перекрытие кромок дросселя; Δx – линейное выражение относительного смещения золотника и гильзы вследствие углового поворота $\Delta\varphi$; при этом величины линейного и углового смещений связаны соотношением:

$$\Delta x = 0.5 \cdot d_{зол} \cdot \text{tg}(\Delta\varphi), \quad (11)$$

где $d_{зол}$ – диаметр золотника золотниковой пары; α_i – центральный угол сегмента, который согласно рис.3 равен:

$$\alpha_i = \arccos \frac{r_i + L_i - \Delta x}{r_i}. \quad (12)$$

Дроссель $f_{ц.вых}$ отвода рабочей жидкости от исполнительного гидроцилиндра для увеличения его сопротивления образован пересечением отверстий на золотнике и гильзе, как показано на рис. 4. Площадь такого дросселя может быть определена зависимостью:

$$f_{ц.вых}(\Delta\varphi) = n_i \cdot \begin{cases} 0, & \rightarrow \Delta x < L_i \\ r_1^2 \alpha + r_2^2 \beta - r_1(t_1 + t_2) \sin \alpha, & \rightarrow \Delta x \geq L_i \end{cases} \quad (13)$$

где r_1 и r_2 – радиусы отверстий соответственно на гильзе и золотнике, образующих данный дроссель; α и β – центральные углы сегмента пересечения отверстий гильзы и золотника, которые определяются зависимостями:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{t_1}{r_1} \right), \quad (14)$$

$$\beta = \arccos \left(\frac{t_2}{r_2} \right), \quad (15)$$

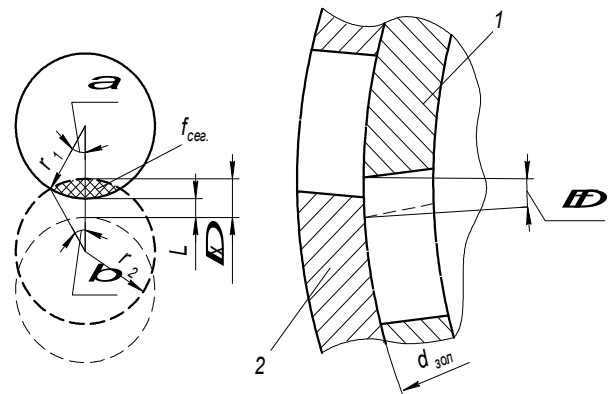


Рис. 4. Площадь сегмента $f_{сее.}$ дросселя, который создается двумя отверстиями
Fig. 4. Area $f_{seg.}$ of the throttle segment created by two openings

t_1 и t_2 – промежуточные параметры, которые определяются зависимостями:

$$t_1 = \frac{r_1^2 - r_2^2 + (r_1 + r_2 + L - \Delta x)^2}{2 \cdot (r_1 + r_2 + L - \Delta x)}, \quad (16)$$

$$t_2 = r_1 + r_2 + L - \Delta x - t_1. \quad (17)$$

Дроссель сливного золотника формируется канавками, показанными на рис. 1,е. Площадь этого дросселя $f_{сл}$ зависит от осевого положения x сливного золотника и определяется выражением

$$f_{ca}(x) = n_i \times \begin{cases} L_{\phi p} x + r_{\phi p}^2 \alpha_{\phi p} - \\ - r_{\phi p}(r_{\phi p} - x) \sin \alpha_{\phi p}, \rightarrow x < r_{\phi p} \\ \\ L_{\phi p} r_{\phi p} + \frac{1}{2} \pi r_{\phi p}^2 + (x - r_{\phi p}) \times \\ \times (L_{\phi p} + 2r_{\phi p}), \rightarrow r_{\phi p} \leq x \leq B_{\phi p} \\ \\ L_{\phi p} r_{\phi p} + \frac{1}{2} \pi r_{\phi p}^2 + \\ + (B_{\phi p} - r_{\phi p})(L_{\phi p} + 2r_{\phi p}) + \\ + (x - B_{\phi p}) \pi d_{3.c}, \rightarrow x > B_{\phi p} \end{cases}, \quad (18)$$

где $L_{\phi p}$, $B_{\phi p}$ и $r_{\phi p}$ – параметры фрезерованной канавки в соответствии с рис. 1,е; $d_{3.c}$ – диаметр сливного золотника; $\alpha_{\phi p}$ – центральный угол сегмента радиусной части канавки, который равен:

$$\alpha_{\phi p} = \arccos \frac{r_{\phi p} - x}{r_{\phi p}}. \quad (19)$$

Площадь дросселя $f_{др.уп}(\Delta\varphi)$ управления давлением под торцом сливного золотника формируется пересечением отверстия 14 в гильзе с отверстием 15 и канавкой 16 на золотнике и, как это видно на схеме, показанной на рис. 5, определяется как сумма двух составляющих:

$$f_{др.уп}(\Delta\varphi) = f_{от} + f_{кан}. \quad (20)$$

Составляющая площади $f_{от}$ такого дросселя от пересечения отверстий 15 и 16 определяется площадью общих сегментов двух отверстий (рис. 5,а и 5,б) и определяется выражением

$$f_{от}(\Delta x) = \begin{cases} \pi \cdot r_4^2, & \rightarrow \Delta x \leq L_{yn} \\ \\ \pi \cdot r_4^2 - r_4^2 \alpha + r_3^2 \beta + \\ + \frac{r_4}{2\Delta x} (r_3^2 - r_4^2 - \Delta x^2) \times \\ \times \sin \alpha - \frac{r_3}{2\Delta x} \sin \beta \times & \rightarrow \begin{cases} \Delta x > L_{yn}; \\ \Delta x < r_3 + r_4 \end{cases} \\ \\ \times (r_3^2 - r_4^2 + \Delta x^2) \\ \\ 0, & \rightarrow \Delta x \geq r_3 + r_4 \end{cases}, \quad (21)$$

где r_3 и r_4 – радиусы отверстий соответственно на золотнике и гильзе, которые образуют данный дроссель; $L_{yn} = r_3 - r_4$ – разница радиусов отверстий дросселя; α , β – центральные углы сегментов пересечения отверстий, которые определяются зависимостями

$$\alpha = \arccos \left(\frac{r_3^2 - r_4^2 - \Delta x^2}{2r_4 \Delta x} \right), \quad (22)$$

$$\beta = \arccos \left(\frac{r_3^2 - r_4^2 + \Delta x^2}{2r_4 \Delta x} \right). \quad (23)$$

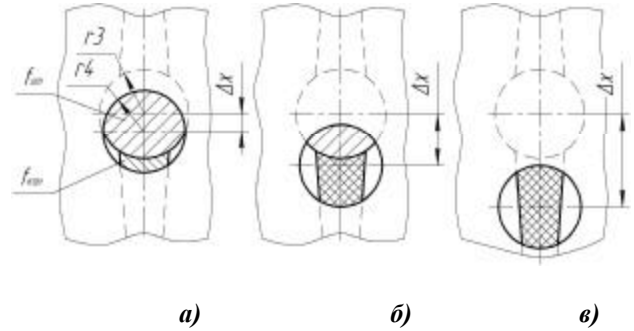


Рис. 5. Площадь дросселя управления давлением в диапазоне смещения в золотниковой паре

$L_{yn} < \Delta x < r_3 + r_4$ при малых - а), больших Δx - б) и в диапазоне $\Delta x > r_3 + r_4$ в)

Fig. 5. Area of the pressure control throttle within the range of displacement in the spool pair

$L_{contr} < \Delta x < r_3 + r_4$ for small a), large b) Δx and in the range $\Delta x > r_3 + r_4$ v)

Составляющая площади $f_{кан}$ от пересечения отверстия 15 с канавкой 16 при различном смещении Δx в золотниковой паре определяется различными элементами этой канавки. При $\Delta x \geq r_3 + r_4$ (рис. 5,в) площадь $f_{кан}$ определяется площадью поперечного сечения канавки в виде треугольника, показанного на рис. 1,д. Согласно расчетной схеме, показанной на рис. 6, эта площадь определяется зависимостью:

$$f_{кан}(\Delta\varphi) = \left(h_1 - \frac{d_{3ол}}{2} \left(\frac{1}{\cos(\Delta\varphi_1)} - 1 \right) \right)^2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}, \quad (24)$$

где γ – угол профиля канавки 16 (рис. 1,д); h_1 и $\Delta\varphi_1$ – промежуточные параметры, которые определяется по формулам:

$$h_1 = R_k - \sqrt{(R_k - H_{fr})^2 + (0,5 \cdot d_{3ол} \sin \Delta\varphi_1)^2}, \quad (25)$$

$$\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi - \operatorname{arctg} \left(\frac{r_4}{R_{zol}} \right), \quad (26)$$

где R_k – H_{fr} – радиус дна и глубина фрезерования канавки 16 на золотнике.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАСОСА-ДОЗАТОРА СИСТЕМЫ

При изменении Δx в диапазоне $L_{yn} < \Delta x < r_3 + r_4$ составляющая площади канавки $f_{кан}$ определяется при малых смещениях Δx (рис. 5,а)

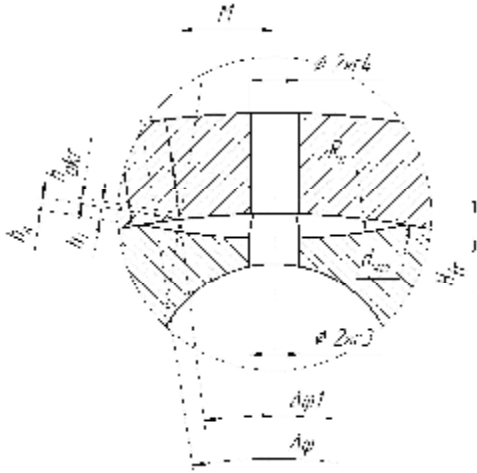


Рис. 6. Площадь дросселя управления давлением при $\Delta x = 0$ и при $\Delta x \geq r_3 + r_4$

Fig. 6. Area of the pressure control throttle for $\Delta x = 0$ and for $\Delta x \geq r_3 + r_4$

площадью горизонтальной проекции открытия канавки. При увеличении смещения Δx (рис. 5,б) площадь $f_{кан}$ определяется площадью канавки в поперечном сечении и соответствует максимальному значению по схеме, показанной на рис. 6.

В первом приближении величина площади канавки $f_{кан}$ в этом диапазоне смещения в золотниковой паре может быть учтена коэффициентом, который изменяется от нуля до единицы, и определяется параметрами дросселя зависимостью:

$$k_{кан} = (\Delta x - r_3 + r_4) / 2 \cdot r_4 \quad (27)$$

где $k_{кан}$ – коэффициент, график изменения которого приведен на рисунке 7.

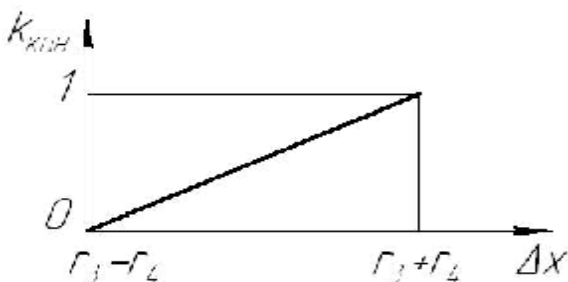


Рис. 7. График изменения коэффициента $k_{кан}$ в диапазоне смещения в золотниковой паре $L_{yn} < \Delta x < r_3 + r_4$

Fig. 7. Curve of the coefficient k_{groove} changing the range of displacement in the spool pair $L_{contr} < \Delta x < r_3 + r_4$.

Тогда площадь $f_{кан}$ при смещении Δx в золотниковой паре в диапазоне $L_{yn} < \Delta x < r_3 + r_4$ определяется зависимостью:

$$f_{кан}(\Delta\varphi) = k_{кан} \left(h_1 - \frac{d_{зол}}{2} \left(\frac{1}{\cos(\Delta\varphi_1)} - 1 \right) \right)^2 \text{tg} \frac{\gamma}{2}. \quad (28)$$

Итоговое выражение для определения площади $f_{кан}$ во всем диапазоне смещений Δx в золотниковой паре имеет вид

$$f_{кан}(\Delta\varphi) = \begin{cases} 0, & \rightarrow \Delta x \leq L_{yn} \\ \left(h_1 - \frac{d_{зол}}{2} \times \left(\frac{1}{\cos(\Delta\varphi_1)} - 1 \right) \right)^2 \times \text{tg} \frac{\gamma}{2} & \rightarrow \left(\begin{array}{l} \Delta x > L_{yn} \\ \Delta x < r_3 + r_4 \end{array} \right) \\ \left(h_1 - \frac{d_{зол}}{2} \times \left(\frac{1}{\cos(\Delta\varphi_1)} - 1 \right) \right)^2 \times \text{tg} \frac{\gamma}{2}, & \rightarrow \Delta x \geq r_3 + r_4 \end{cases} \quad (29)$$

Расходы, связанные с деформацией жидкости, находящейся под давлением p_i , определяются зависимостью [11]:

$$Q_{деф.i} = \frac{V_i}{E_{np}(p)} \frac{dp_i}{dt}, \quad (30)$$

где V_i – объем полости, которая находится под давлением p_i ; $E_{np}(p)$ – приведенный модуль объемной упругости, который учитывает, что рабочая жидкость является двухфазной смесью жидкости и нерастворенного газа, и, согласно [13,14], определяется зависимостью:

$$E_{np}(p) = \frac{1 - \frac{p_i - p_0}{E_{ж}} + \bar{V}_z \left(\frac{p_0}{p_i} \right)^{\frac{1}{n}}}{\frac{1}{E_{ж}} - \frac{p_i - p_0}{E_{ж}^2} - \bar{V}_z \frac{p_0^{\frac{1}{n}}}{np_i^{\frac{1}{n}}}}, \quad (31)$$

где $E_{ж}$ – адиабатический модуль упругости самой жидкости; \bar{V}_z – относительный объем газовой фазы при нормальных условиях ($p_0 = 0,1$ МПа, $t = 20^\circ\text{C}$); n – показатель политропы.

Расход жидкости, которая проходит через камеры дозирующего узла, равен

$$Q_o = q \cdot \frac{d\varphi_{pom}}{dt}, \quad (32)$$

где q – рабочий объем дозирующего узла, $\frac{d\varphi_{pom}}{dt}$ – угловая скорость вращения ротора.

Расход жидкости, связанный с перемещением поршня исполнительного гидроцилиндра, равен

$$Q_u = F_n \cdot \frac{dy}{dt}, \quad (33)$$

где F_n – рабочая площадь поршня исполнительного гидроцилиндра, $\frac{dy}{dt}$ – скорость перемещения поршня исполнительного гидроцилиндра.

Расходы жидкости, связанные с перемещением сливного золотника, определяются отдельно для каждой торцевой полости и равны

$$Q_{пер.зол.1} = f_{yn.1} \cdot \frac{dx}{dt}; \quad (34)$$

$$Q_{пер.зол.2} = f_{yn.2} \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (35)$$

где $f_{yn.i}$ – площадь соответствующего торца сливного золотника, $\frac{dx}{dt}$ – скорость перемещения сливного золотника.

Перетечки жидкости через кольцевые концентричные щели определяются по формуле [14]

$$Q_{n.i} = \frac{\pi d_i}{12 \cdot \nu \cdot \rho \cdot l_i} \varepsilon_i^3 (p_i - p_j), \quad (36)$$

где ν и ρ – вязкость и плотность жидкости, d_i , l_i и ε_i – диаметр поверхности, по которой возникает перетечка, длина и высота щели, $(p_i - p_j)$ – перепад давления на щели.

Перетечки жидкости через щели, которые с некоторым допущением можно принять плоскими и параллельными, определяем по формуле [14]:

$$Q_{n.i} = \frac{n_i}{12\nu\rho} \frac{b_i}{l_i} \varepsilon_i^3 (p_i - p_j), \quad (37)$$

где n_i – количество элементов, по которым происходят перетечки, b и l – ширина и длина щели.

Уравнение углового движения ротора рабочей пары согласно принципу Даламбера можно записать как уравнение баланса крутящих моментов, действующих на это звено, в виде [11]:

$$M_o = M_\kappa + M_{m.e.1} + M_{m.c.1} + M_{ин.1}, \quad (38)$$

где M_o – движущий момент ротора дозирующего узла, который создается перепадом давления в его рабочих камерах, M_κ – момент, передаваемый на кардан, $M_{m.e.1}$ – обобщенный момент вязкого трения по торцовым и радиальным поверхностям зубьев рабочей пары и в сопряжениях планетарного редуктора, $M_{m.c.1}$ – обобщенный момент от силы сухого трения в сопряжениях дозирующего узла и планетарного редуктора, $M_{ин.1}$ – приведенный момент силы инерции ротора и редуктора.

Уравнение углового движения кардана:

$$M_\kappa = M_z + M_{m.e.2} + M_{m.c.2} + M_{ин.2}, \quad (39)$$

где M_z – момент, передаваемый через штифт на гильзу, $M_{m.e.2}$ и $M_{m.c.2}$ – момент соответственно от силы вязкого и сухого трения, возникающих в соединении кардан-штифт, $M_{ин.2}$ – момент силы инерции кардана.

Уравнение углового движения гильзы:

$$M_z = M_{m.e.3} - M_{z.o} - M_{m.e.4} - M_{np} + M_{ин.3}, \quad (40)$$

где $M_{m.e.3}$ – момент вязкого трения между гильзой и корпусом, $M_{z.o}$ – момент от гидродинамической силы на кромках золотниковой пары, $M_{m.e.4}$ – момент вязкого трения между гильзой и золотником, M_{np} – момент от силы упругости центрирующих пружин; $M_{ин.3}$ – момент силы инерции гильзы.

Уравнение движения поршня исполнительного гидроцилиндра:

$$R_u = R_n + R_{m.e.u} + R_{ин.u}, \quad (41)$$

где R_u – усилие, создаваемое давлением рабочей жидкости в полостях гидроцилиндра, R_n – нагрузка на исполнительном органе (положительное значение соответствует встречной нагрузке, отрицательное значение – попутной), $R_{m.e.u}$ – сила вязкого трения, возникающая при перемещении поршня, $R_{ин.u}$ – приведенная сила инерции поршня с учетом массы подвижных частей рулевого механизма и объема рабочей жидкости в полостях гидроцилиндра.

Уравнение движения сливного золотника:

$$R_{yn.1} = R_{yn.2} + R_{np} + R_{z.o} + R_{m.e.3} + R_{ин.3}, \quad (42)$$

где $R_{yn.1}$ – сила, действующая на левый торец сливного золотника, которая создается давлением $p_{yn.1}$,

R_{np} – сила пружины, действующая на левый торец сливного золотника, $R_{z.o}$ – гидродинамическая сила на кромке сливного золотника, $R_{yn.2}$ – сила, действующая на правый торец сливного золотника, которая создается давлением $p_{yn.2}$, $R_{m.e.3}$ – сила вязкого трения сливного золотника, $R_{ин.3}$ – сила инерции сливного золотника.

В уравнения (38) - (42) входят значения моментов и сил, действующих на составляющие элементы гидросистемы и насоса-дозатора в частности, которые определяются следующим образом.

Движущий момент ротора дозирующего узла создается перепадом давления в его рабочих камерах и определяется следующим образом:

$$M_o = q(p_{доз.вх} - p_{доз.вых}), \quad (43)$$

где q – рабочий объем дозирующего узла.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАСОСА-ДОЗАТОРА СИСТЕМЫ

Люфт в механических передачах учитывался из условия возникновения нагрузки M_i от следующего звена механической системы после поворота ведущего звена φ_{i-1} на угол, большей величины люфта в соответствующей передаче, т.е.:

$$M_i = \begin{cases} 0, & \rightarrow \varphi_{i-1} - \varphi_i < \varphi_{л.i} \\ M_i, & \rightarrow \varphi_{i-1} - \varphi_i \geq \varphi_{л.i} \end{cases}$$

Силы вязкого трения и моменты от этих сил определяются выражениями:

$$R_{m.e.i} = \beta_i \frac{dx_i}{dt}; \quad (44)$$

$$M_{m.e.i} = R_{m.e.i} \cdot r_i, \quad (45)$$

где β_i – коэффициент вязкого трения, dx_i/dt – относительная скорость движения элементов конструкции, r_i – радиус действия силы.

Момент от силы упругости центрирующих пружин равен:

$$M_{np} = c_u r_{np} (\Delta\varphi + \Delta\varphi_{нач}), \quad (46)$$

где c_u – коэффициент упругости центрирующих пружин, r_{np} – радиус, на котором действует сила упругости центрирующих пружин, $\Delta\varphi_{нач}$ – начальная угловая деформация центрирующих пружин.

Моменты от силы сухого трения в различных механических соединениях вычисляются следующим образом:

$$M_{m.c.i} = f_i M_i. \quad (47)$$

где M_i – полезный крутящий момент, передаваемый соответствующим механическим соединением, f_i – коэффициент трения в этом сопряжении.

Силы инерции и моменты сил инерции определяются выражениями:

$$R_{in.i} = m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2}, \quad (48)$$

$$M_{in.i} = I_i \frac{d^2 \varphi_i}{dt^2}, \quad (49)$$

где m_i – масса (приведенная масса) i -го элемента поступательного движения, $\frac{d^2 y_i}{dt^2}$ – ускорение прямолинейного движения, I_i – момент инерции (приведенный момент инерции) i -го элемента поворотного движения, $\frac{d^2 \varphi_i}{dt^2}$ – ускорение вращательного движения.

Сила пружины, которая поджимает сливной золотник, равна:

$$R_{np} = c_n (\Delta x_{нач} + x), \quad (50)$$

где c_n – коэффициент упругости пружины сливного золотника, $\Delta x_{нач}$ – предварительная деформация этой пружины.

К уравнениям математической модели насоса-дозатора следует записать уравнение обратной связи, которое формирует угловое рассогласование $\Delta\varphi$ между золотником и гильзой, в виде:

$$\Delta\varphi = \varphi_{зол} - \varphi_{гил} \quad (51)$$

Записанные уравнения (1) - (51) отображают математическую модель системы гидрообъемного

рулевого управления с усовершенствованной конструкцией насоса-дозатора.

ВЫВОДЫ

Рассмотрена усовершенствованная конструкция насоса-дозатора, особенностью которого является использование дополнительного сливного золотника, что позволило упростить золотниковую пару распределительного механизма.

Предложена оригинальная система управления положением дополнительного золотника и специальная форма дросселя управления давлением под торцем этого золотника. За счет использования в конструкции этого дросселя дополнительной поперечной канавки реализовано условие смены закона изменения площади дросселя на участке разгрузки системы и на рабочем участке поворота входного вала.

Разработана математическая модель системы рулевого управления, которая включает в себя уравнения (1) - (51), и учитывает основные параметры и характеристики этой системы. Это позволяет в дальнейшем исследовать влияние геометрических параметров насоса-дозатора на величину показателей качества работы рулевого гидромеханизма при различных видах нагружения и различных режимах работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Любимов Б.А., Червяков Е.Н. Судаков Ю.Н. 1980. Объемные гидроприводы рулевого управления колесных самоходных сельскохозяйственных машин. – М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш. - 41.
2. Ratushna N., Mahmudov I., Kokhno A., 2007.: Методичні підходи до створення нової сільськогосподарської техніки у відповідності з вимогами ринку наукоємної продукції// MOTROL. – №9А, 119-123.
3. Sauer-Danfoss. General, Steering Components. Technical Information. Mobile Power and Control Systems 520L0468, Rev BB, Feb 2010. (режим доступа: <http://www.sauer-danfoss.com/Products/Steering/index.htm>)
4. Product Catalog Mobile Hydraulics, online version, last changed 2010-03-11, © Bosch Rexroth AG. (режим доступа: <http://www.boschrexroth.com/mobile-hydraulics-catalog/Vornavigation/VorNavi.cfm?Language=EN&VHist=g54076%2Cg54072%2Cg61477&PageID=m40068>)
5. EATON Steering Catalog C-STOV-MC001-E2 September 2011. (режим доступа: <http://viton.su/eaton-char-linn>)
6. А. с. 1581639, 1990. Гидравлический рулевой механизм транспортного средства. В. Я. Обидин, О. А. Зуева, А. В. Жаворонков и др. - Заявл. 29.12.86. - Опубл. 30.07.90, Бюл. №28.

7. Деклараційний патент України на корисну модель 5015, 2005. Гідравлічний рульовий механізм транспортного засобу. Сорокін В.Л., Середа Л.П., Іванов М.І., та ін. - Заявл. 15.06.2004. - Опубл. 15.02.2005, Бюл. № 2.

8. Рыжаков А., Николенко И., 2009.: Переходные процессы в гидроприводе с дискретным машинным регулированием // MOTROL. - №11В, 52-65.

9. Лурье З., Цента Е., 2011.: Улучшение показателей качества рабочего процесса нелинейного агрегата мобильных машин путем динамической компенсации // MOTROL. - №13С, 115-128.

10. Lytvynov O., Tanas W., 2006.: К динамическому расчету машин // MOTROL. - №8А, 210-223.

11. Попов Д.Н., 1987. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. - М: Машиностроение. - 464.

12. Элементы гидропривода. Справочник. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. 1977. -К.: Технік - 320.

13. Немировский И.А., Снисарь Н.Г., 1992. Расчет гидроприводов технологических машин. - К.: Техніка, - 181.

14. Кондаков Л.А., 1982. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем. - М.: Машиностроение, - 216.

IMPROVEMENT CONSTRUCTION OF METERING PUMP-DEVICE SYSTEM OF HYDROVOLUMETRIC STEERING MANAGEMENT IN SELF-PROPELLED MACHINES

Summary. The paper considers an improved metering pump design where distribution assembly has been modernized. In this design the drain edge of the spool pair is made in the form of an additional single-edge spool. An original system for controlling the additional single-edge spool position is proposed. A mathematical model of the hydrostatic steering system, based on the proposed metering pump, has been developed.

Key words: hydrostatic steering system, metering pump, mathematical model.

SOLAR CONCENTRATORS IN HEAT BALANCE OF THE BUILDING

Tetiana Denysova

National Academy of Nature Protection and Resort Building
Address: Ukraine, 95043, Simferopol, Kievskaya street, 181
E-mail: smorodina82@mail.ru

Summary. The article discusses the use of small solar installations for the production of heat and electricity. The proposed solar installations are the toroidal reflectors and receivers located in a zone quasifocal line of the torus. The calculation of the heat balance of one-floor house shows that the share of heat energy of the solar installation is 4%.

Key words: heat balance, solar installation, toroidal reflector.

INTRODUCTION

The amount of solar energy falling on the roofs and walls of buildings can significantly compensate the annual energy consumption of the residents of these homes.

With the help of solar collectors, we can provide hot water to heat homes partially. In this case, the concentrated solar power by mirrors is used to provide heat at a temperature of several thousand degrees. It can be used to produce electricity. In the production of energy in photovoltaic technologies in systems with concentrators, heat dissipation is required for the normal operation of photovoltaic cells.

ANALYSIS OF EXISTING RESEARCH

Technology for the production of electricity are booming: solar station tower, and paraboloidal dish concentrator (Fig. 1), parabolic trough collectors, solar furnace, Fresnel technology (Fig. 2), etc., which can be attributed to the industrial production of electricity [1, 2, 8-12].

Small solar systems are used to provide heat and electricity to individual dwellings or small settlement.

Solar radiation can be converted into useful energy using the so-called active and passive solar systems.



Fig. 1. Paraboloidal dish



Fig. 2. Fresnel collector



Fig. 3. Parabolic trough concentrator for the receipt of hot water



Fig. 4. Solar concentrator for rooftops

SOLAR CONCENTRATORS IN HEAT BALANCE OF THE BUILDING

Solar installations for the production of heat and electricity, including photovoltaic cells are the active solar systems. Passive systems are part of the building and are mainly for heating the indoor air by solar energy.

The advantage of small solar systems with concentrators (Fig. 3), primarily in the fact that the higher the temperature the less the volume of tank – accumulator. Such a system in the house for one family does not take up much space concentrators. Such systems may be following the Sun and fixed.

OBJECTIVE OF THE WORK

With the help of solar collectors we can heat homes and provide them with hot water. What part of the thermal energy can provide a solar collector in the heat balance of the building?

RESULTS OF INVESTIGATIONS

The design of energy efficient buildings should be installed with active solar systems including

For quantitative estimation of flux distribution on the receiver it is necessary to have three dimensions model of the surface of flux distribution. With the help of the surface of flux distribution the zones of the temperature maximum can be obtained and the lines of equal energy can be constructed. This surface of flux distribution on any section (Fig. 5) is constructed with using special algorithm.

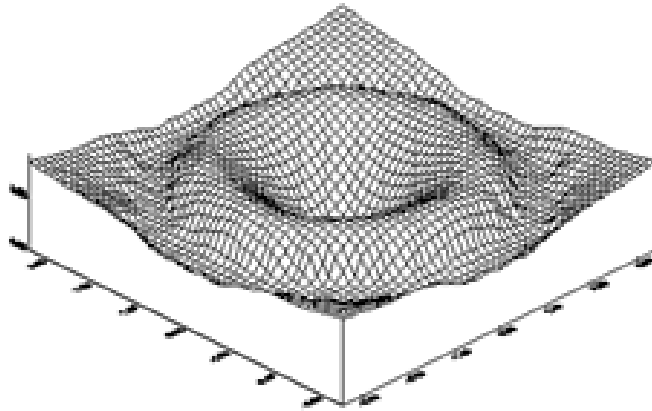


Fig. 5. The surface of flux distribution (3D) on the plate

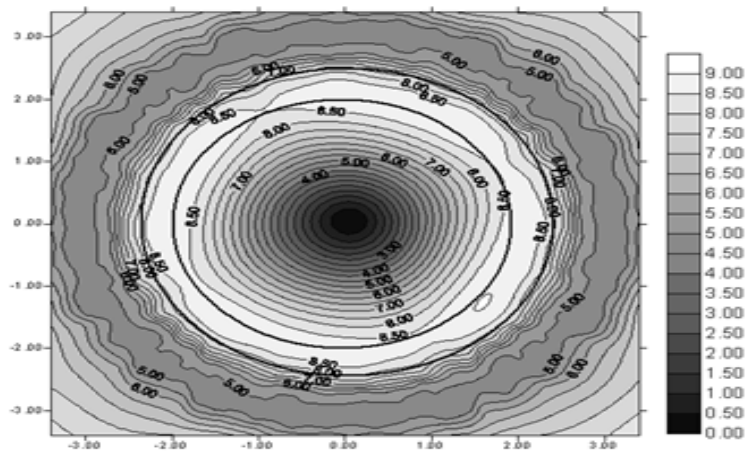


Fig. 6. The energy map

The flux distribution on the surface of a receiver is determined. The calculations are based on the energy map (Fig. 6) obtained with mathematical and computer simulation [14].

To analyze reflecting properties of surfaces can be done on a base of the quasifocal points and lines theory. This theory gives the possibility to design reflectors using large class of reflecting surfaces: rotation surfaces with a demand generator; canal surfaces with demand focal zone; regular spiroid surfaces with a demand generator and so on.

The effectiveness of a concentrating system depends on form and location parameters of a receiver. The theory of the quasifocal lines gives us the possibility to determine zones of maximum energy concentration and to locate receivers with correspondent parameters. The computer simulation gives us the possibility to obtain concentrating system exactly and visually and calculate the concentration ratios for different reflectors.

Three dimensions model as the surface of flux distribution for quantitative estimation of flux distribution on the receiver is obtained.

The proposed way of the flux distribution calculation and the quasifocal points and lines theory give us the possibility to design solar installations and

$$Q_{conc} = I \cdot F_{work} \cdot k,$$

where: I - solar radiation, W/m^2 is taken from [5],

F_{work} - working area of concentrator, m^2 ;

headlights with demand concentration ratio and flux distribution.

A design of a solar collector [3, 6, 7], which following the Sun, and contains elements with concentrating reflectors in the form of a torus (Fig. 7).

The search of a zone of the greatest concentration of the rays, reflected by the surface, represents practical interest and can be used in designing solar installations for converting solar energy into thermal or electrical energy and in construction of reflecting surface of lamps (Fig. 7). This zone is called the quasifocal line [13].

The receiver is a circular copper tube filled with water and placed in the quasifocal line of the torus (Fig. 8). Photocells are attached to the tubes from two sides Collector area is $4.2 m^2$. Electrical power (at values of solar radiation $800 W/m^2$) is up to 400 watts. Due to the removal of heat from the photovoltaic, the installation provides an operating temperature of the coolant up to $100 ^\circ C$.

As an additional source of thermal energy for heating and hot water supply of a building, the installation of solar concentrator can be used. The amount of energy per hour, receiving such installation is given by:

$$k = k_{mirror} \cdot k_{reflector} \cdot k_{receiver} = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 0,45.$$

For the month of December:

$$Q_{conc} = 52W / m^2 \cdot 4m^2 \cdot 0,45 = 0,1kW .$$

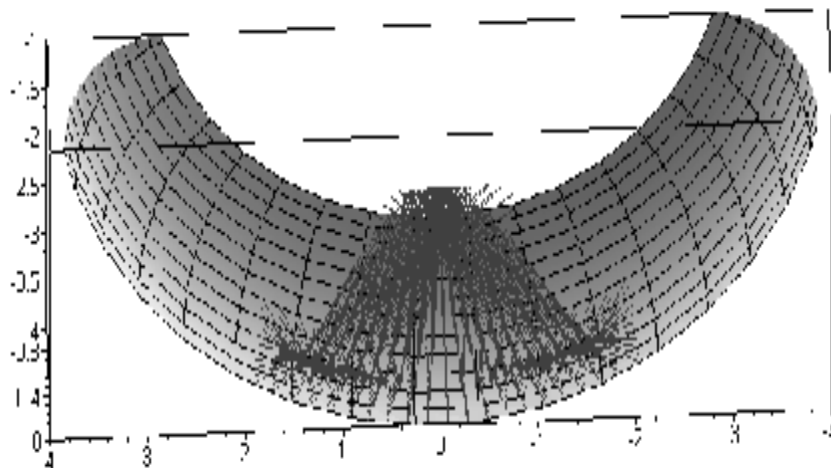


Fig. 7. Zone of the greatest concentration of the rays of a torus

SOLAR CONCENTRATORS IN HEAT BALANCE OF THE BUILDING

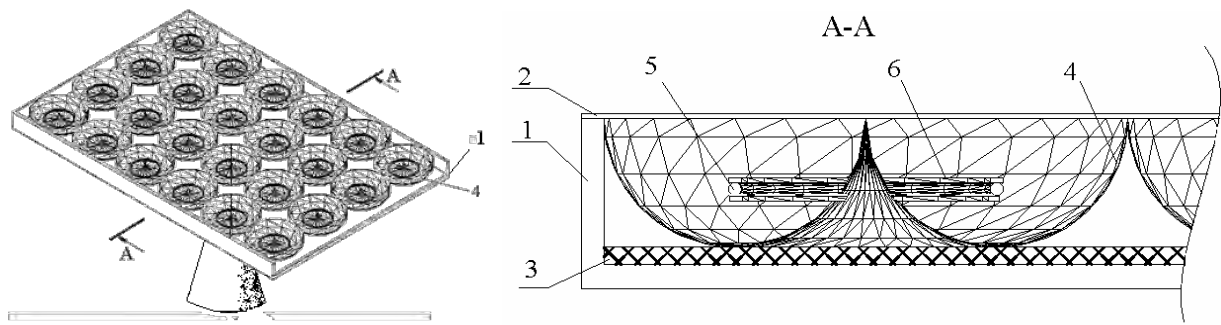


Fig. 8. Solar collector with a toroidal reflector:

1 - body, 2 - clear coat, 3 - thermal insulation, 4 - toroidal reflector 5 - receiver tube filled with water, 6 - photocells

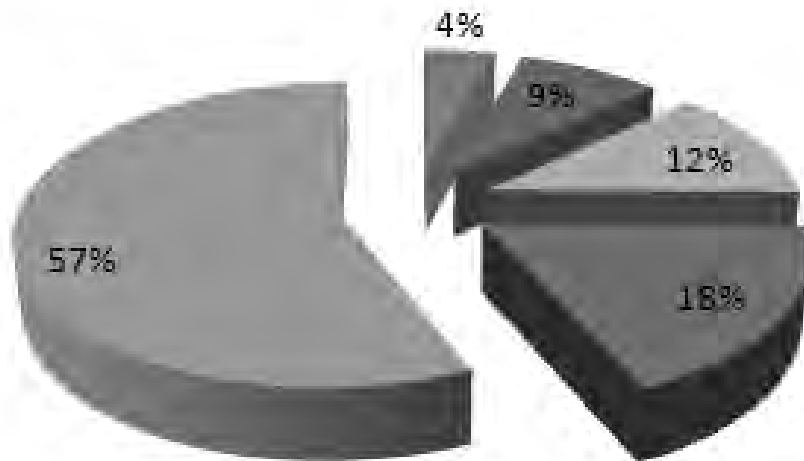


Fig. 9. Heat balance of one-story houses

One-storey house with a ground floor open terrace, greenhouse (room air heating) and heated area of 110 m² in the month of December has a heat loss of 4,1 kW with the 30% ventilation (Fig. 9). In the calculations, the minimum resistance of the building envelope heat transfer is used [4, 5]. The amount of energy per hour, the resulting installation with the concentrator for the month of December is 0,1 kW.

CONCLUSIONS

The calculation of the heat balance (Fig. 9) one-story house for the month of December shows that compensate for the heat loss can be due to:

- application of buffer space - 9%
- use of active solar collectors - 4%.
- «Sun Architecture» (solar air heating in the greenhouse of 12% and a veranda 18% - 30%.
- Total by solar energy - 34%.

Heat gain by the burning of fossil fuels decreased from 100% to 57%.

REFERENCES

1. Cesare Silvi, 2009: The Pioneering Work on Linear Fresnel Reflector Concentrators (LFCs) in Italy. The 15th International Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies. - Berlin, Germany.
2. Dvoretzky A., Denysova T., 2009: Computer Simulation of the Flux Distribution on Receiver Surfaces The 15th International Symposium on Solar

- Thermal Concentrating Technologies. - Berlin, Germany
3. Патент на полезную модель №47513, 2010. Солнечная установка с концентратором. Дворецкий А.Т., Денисова Т.В. – Оpubл. 10.02. 2010., Бюл. №2.
 4. Дворецкий А.Т., Максименко А.Е., Денисова Т.В., 2011. Энергоэффективный коттедж с максимальным использованием солнечной энергии// Материалы международного симпозиума «Устойчивая архитектура», Москва. – 121.
 5. Дворецкий А.Т., Дворецкий Д. А., 2012. Солнечная энергия оранжереи в тепловом балансе малоэтажного здания// Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. - Вып. № 41, 14-19.
 6. Денисова Т.В., 2009. Параметры формы и положения приемника для отражателя в виде тора// Геометрическое и компьютерное моделирование. Научное специализированное издание. - Харьков. – Вып.25, 147 - 152.
 7. Дворецкий А.Т., Денисова Т.В., 2012. Экспериментальная оценка распределения отраженной солнечной энергии на приемнике // Техническая эстетика и дизайн. Межвед. науч. – техн. сб. — К.: КНУБА. - Вып. 10, 50-54.
 8. Dvoretzky A., 2008. Increasing energy effectively of individual house with use of solar energy// MOTROL. – №10А, 25-30.
 9. Дворецкий А., Казьмина А., 2009. Пассивные и активные солнечные установки в индивидуальном доме// MOTROL. – №11А, 146-151.
 10. Дворецкий А.Т., 2012. Особенности и предпосылки строительства энергоэффективных индивидуальных домов в Крыму// Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. – Днепропетровск. – Вып. № 65, 203-208.
 11. Сергейчук О.В., 2010. Перспективные направления геометрических исследований по повышению энергоэффективности в строительстве// Прикл. геометрия и инж. графика. – К.: КНУБА. – Вып.86, 31-36.
 12. Eckhard Lupfert, M. Pfander, B. Schiricke, M. Eck, 2006: Determination of temperature distribution on parabolic through receivers// 13th Solar PACES Int. Symposium on concentrated Solar Power and Chemical Energy Technologies, Seville (Spain), 20-23. лый отражатель.
 13. Dvoretzky A.T., 2010. Reflected Surfaces and Their Directing Cones// Journal for Geometry and Graphics. – Vol. 14, №1, 69-80.
 14. Dvoretzky A., Denysova T., 2010: The reflected energy map [Электронний ресурс]// The 2th International Conference for Geometry and Engineering Graphics. Belgrade, Serbia
 15. Pidgorny O. L., 2002: Constructive Modeling of Bundles Chains and Congruencies of Normals as Result of Reflection and Refraction. The 10th int. conf. on geometry and graphics. – Vol. 1, 222 - 225.
 16. M. Ebert, G. Dibowski, M. Pfander, J.-P. Sack, P. Schwarzbozl, S. Ulmer, 2007: Test Facility for Volumetric Absorber // The 13th Int. Symp. Solar Thermal Concentrating Technologies.- Seville, Spain.
 17. Dvoretzky A.T., 2002: Geometrical Models of Solar Energy Reflected Flows. The 10th Int. Conf. on geometry and graphics. Vol.1, 124-127.
 18. Сарнацкий Э. В., Селиванов Н. П., 1988. Энергоактивные здания. - М.: Стройиздат. - 286.
 19. Табунщиков Ю. А., 1983. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы// Дис. ... д.т.н. - М.: НИИСФ. – 402.
 20. ДСТУ-Н Б В.2.2-27: 2010. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення. Чинний з 01.01.11./ О. Сергейчук, Є. Пугачов, О. Підгорний О. Дворецкий, В. Буравченко та ін. – 86.

СОЛНЕЧНЫЕ УСТАНОВКИ С КОНЦЕНТРАТОРОМ В ТЕПЛОМ БАЛАНСЕ ЗДАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается применение малых солнечных установок для получения тепла и электроэнергии. Предлагаемые солнечные установки имеют тороидальные отражатели и кольцевые приёмники, расположенные в зоне квазифокальной линии для тора. Расчёт теплового баланса одноэтажного дома показывает, что доля тепловой энергии предлагаемой солнечной установки составляет 4 %.

Ключевые слова. Тепловой баланс, солнечная установка, тороида.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК НА САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ОПОРАХ

Елена Морозова

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Адрес: Кафедра МиДК, НАПКС, ул. Павленко, 5, г. Симферополь, 95000, АРК, Украина
e-mail: elmorozoff@ukr.net

Аннотация. Реконструкция жилого фонда с применением надстроек на самостоятельных опорах с металлическим каркасом является перспективным направлением, особенно для сейсмически активных районов. Для оценки сейсмостойкости надстроек на самостоятельных опорах очень важным является достоверное определение их динамических характеристик. В работе выполнен сравнительный анализ динамических характеристик поперечных рам надстроек различного конструктивного решения, полученных традиционными расчетными методами и с использованием программного комплекса «Лира-Windows» версия 9.4. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: надстройка, динамические характеристики, сейсмостойкость.

ВВЕДЕНИЕ

Основную массу жилого фонда Украины составляют 4-5 этажные дома первых массовых серий постройки 50х-80х годов, требующие реконструкции вследствие морального износа и недостаточной сейсмостойкости. В ходе реконструкции таких домов необходимо решать комплекс вопросов: максимальное увеличение полезной площади при минимальном увеличении площади застройки; улучшение санитарных условий проживания; улучшение архитектурной выразительности фасадов; обеспечение сейсмостойкости [6]. Реконструкция жилого фонда с применением надстроек на самостоятельных опорах с металлическим каркасом [7] является перспективным направлением, учитывающим вышеперечисленные требования.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В действующем нормативном документе [3] предложены несколько методов расчета зданий на сейсмические воздействия: спектральный метод расчета для простых в конструктивном отношении зданий; прямой динамический расчет для нестандартных по конструкции зданий и сооружений. Оба метода предполагают, что динамические характеристики рассчитываемой конструкции известны. От этих характеристик зависит уровень сейсмического воздействия на рассчитываемую конструкцию и её деформации. Таким образом, для оценки сейсмостойкости надстроек на самостоятельных опорах очень важным является достоверное определение их динамических характеристик, к которым относятся: частоты и периоды по 1-3 формам собственных колебаний; амплитуды перемещений характерных точек системы надстроек, инерционные массы и силы.

На сегодняшний день определение динамических характеристик может вестись традиционными методами [5, 9], а также с применением специальных программных комплексов [2, 12], каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Более того, регулируя динамические характеристики [1] можно добиться необходимого уровня сейсмостойкости [10]. Актуальной становится обратная задача: заданная сейсмостойкость; динамическая характеристика; конструктивное решение [8].

ОБЪЕКТ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – поперечная рама надстройки на самостоятельных опорах. Исследовались три варианта конструктивного решения поперечных рам надстройки, имеющих различную схему распределения масс и жесткостей по высоте. Вариант 1 - рама с однородной верхней частью, выполненной по рамной схеме. Вариант 2 - рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне нижнего этажа надстройки. Вариант 3 – рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне верхнего этажа надстройки. Были приняты следующие габаритные размеры надстроек: пролет 15м; отметка низа нижнего ригеля 18м; отметка верха 34-36м; количество надстраиваемых этажей 5 (рис.1-3а).

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первым шагом по определению динамических характеристик является выбор динамической расчетной схемы надстройки. В действующем нормативном документе [3] рекомендуется три варианта динамических расчетных схем для зданий с различными габаритными размерами, конструктивными решениями: консольная; перекрестная; пространственная.

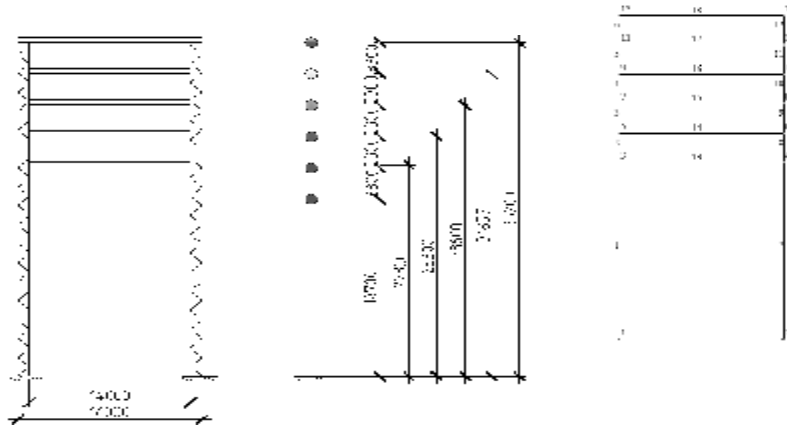


Рис.1 Вариант 1 - рама с однородной верхней частью: а – конструктивная схема; б - консольная схема; в – расчетная схема ПК «Лири»

Fig.1. Variant 1 - the frame with homogeneous overhead part: а – the design model; б - the cantilever model; в - structural model of the programmatic complex “Лири - Windows”

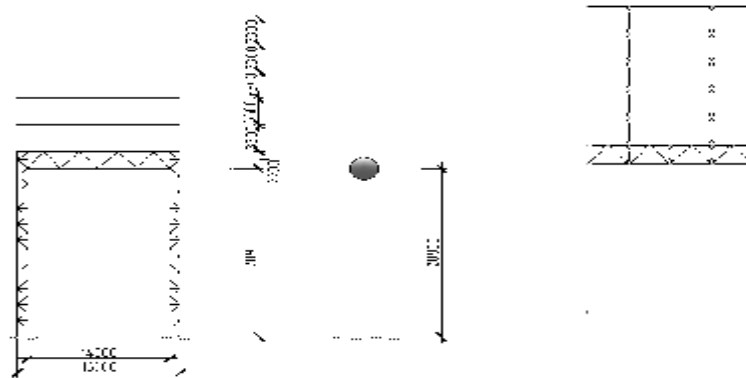


Рис.2 Вариант 2 - рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне нижнего этажа: а – конструктивная схема; б - консольная схема; в – расчетная схема ПК «Лири»

Fig.2. Variant 2 - the frame with heterogeneous overhead part containing through girder in the level of under floor: а– the design model; б - the cantilever model; в - structural model of the programmatic complex “Лири - Windows”

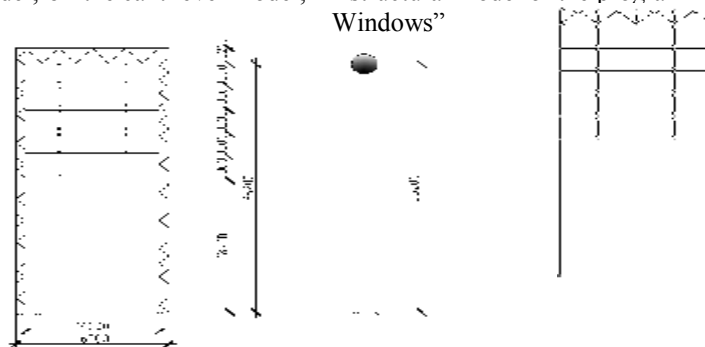


Рис.3. Вариант 3 - рама с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне верхнего этажа: а – конструктивная схема; б - консольная схема; в – расчетная схема ПК «Лири»

Fig.3. Variant 3 - the frame with heterogeneous overhead part containing through girder in the level of upper floor: а– the design model; б - the cantilever model; в - structural model of the programmatic complex “Лири - Windows”

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК

Динамическая расчетная схема должна соответствовать конструктивной и быть достаточно простой. Однако допущения, сделанные при выборе динамической расчетной схемы, не должны искажать главных моментов динамического расчета. Это особенно важно, когда расчет ведется традиционными методами без использования вычислительной техники (обычно консольная схема). При использовании программных комплексов, в которых реализован расчет на динамические воздействия, динамическая расчетная схема может быть максимально приближена к конструктивной (перекрестная или пространственная схемы).

Для первого варианта конструктивного решения поперечной рамы надстройки с однородной верхней частью принята динамическая расчетная схема в виде консольной невесомой стойки с постоянной жесткостью равной удвоенной жесткости решетчатой стойки поперечной рамы надстройки и шестью массами, сосредоточенными в уровне перекрытий (покрытия) надстройки (рис.1б). Такая схема обладает шестью степенями свободы.

Для второго варианта конструктивного решения поперечной рамы надстройки с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне нижнего этажа надстройки принята динамическая расчетная схема в виде консольной невесомой стойки с жесткостью равной удвоенной жесткости решетчатой стойки поперечной рамы надстройки (рис.2б). Так как верхние этажи надстройки опираются на нижний решетчатый ригель, в динамической расчетной схеме может быть принята одна сосредоточенная масса в уровне нижнего решетчатого ригеля, что значительно упрощает дальнейшие расчеты. Однако при такой

схеме возможен анализ динамических характеристик только по первой форме колебаний.

Для третьего варианта конструктивного решения поперечной рамы надстройки с неоднородной верхней частью, содержащей сквозной ригель в уровне верхнего этажа надстройки принята динамическая расчетная схема в виде консольной невесомой стойки с постоянной жесткостью равной удвоенной жесткости решетчатой стойки поперечной рамы надстройки (рис.3б). Так как нижние этажи надстройки подвешены к верхнему решетчатому ригелю в динамической расчетной схеме может быть принята одна сосредоточенная масса в уровне верхнего решетчатого ригеля. При такой схеме так же возможен анализ динамических характеристик только по первой форме колебаний.

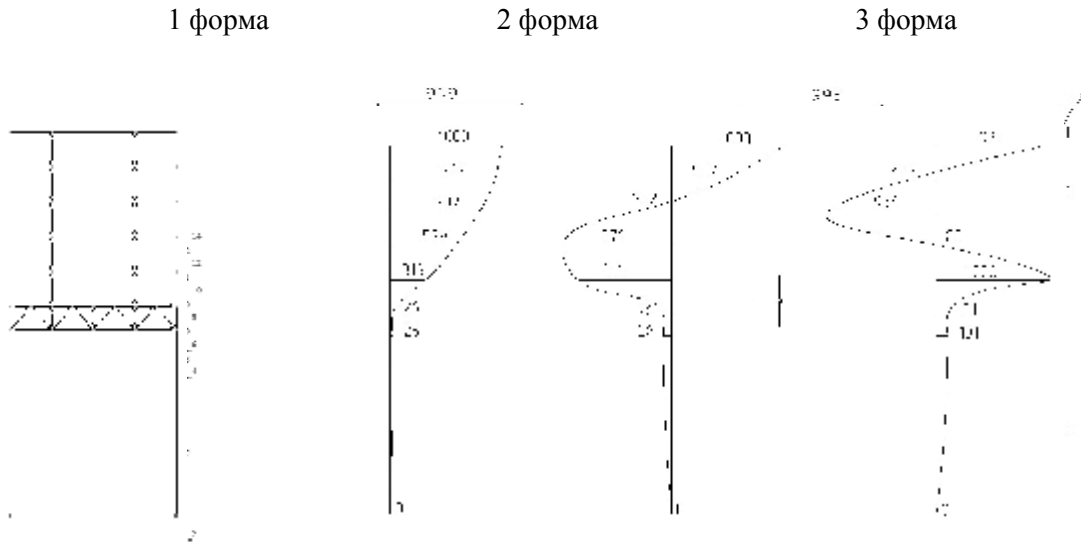
При определении динамических характеристик надстроек различного конструктивного решения с использованием программного комплекса «Ли́ра-Windows» версия 9.4 [2, 12] динамические расчетные схемы соответствуют расчетным схемам, принятым для общего расчета и максимально приближены к конструктивным (рис.1-3 в). Массы сосредоточены в узлах соединения элементов и определяются автоматически с введением коэффициентов к статическим нагрузкам. Для дальнейшего анализа принимались первые три формы колебаний, как имеющие практическое значение при расчетах.

В данной работе приводится сравнительный анализ динамических характеристик поперечных рам надстроек, описанного выше конструктивного решения полученных традиционными расчетными методами и с использованием программного комплекса «Ли́ра-Windows» версия 9.4.

Таблица 1. Динамические характеристики собственных колебаний
Table 1. Dynamic characteristics of eigenvibrations

Динамическая характеристика	Форма колебаний	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
		Метод Дункерля	ПК «Ли́ра-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Ли́ра-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Ли́ра-Windows» 9.4
Период T , сек	1	3.2	2.1	3.9	2.3	5.1	2.5
	2	-	0.4	-	0.4	-	0.4
	3	-	0.3	-	0.3	-	0.3
Циклическая частота ω , рад/сек	1	2	3	1.6	2.7	1.2	2.5
	2	-	17.3	-	13.8	-	15.3
	3	-	22.2	-	17.7	-	18.6
Частота ν , 1/сек	1	0.31	0.5	0.26	2.3	0.2	0.4
	2	-	2.7	-	0.4	-	2.4
	3	-	3.5	-	0.3	-	3

а



б



в



Рис.4 Формы собственных колебаний рам согласно ПК «Ли́ра»: а – по варианту1; б - по варианту2; в – по варианту3

Fig.4. Forms of eigenvibrations of frames according to the programmatic complex “Ли́ра -Windows”: а - for variant 1; б - for variant 2; в - for variant 3

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК

Таблица 2. Динамические характеристики вынужденных колебаний

Table 2. Dynamic characteristics of forced vibrations

Динамическая характеристика по первой форме колебаний	Отметка перекрытия, м	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
		Метод сил	ПК «Лира-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Лира-Windows» 9.4	Метод сил	ПК «Лира-Windows» 9.4
Инерционная масса Q, кН	18.7	460.2	400.6	2135	384.6	-	362.7
	22.3	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	25.3	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	28.6	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	31.9	392.3	356.8	-	339.4	-	356.8
	35.2	283.2	245.6	-	236.6	225.2	247.9
Инерционная сейсмическая сила S, кН	18.7	16.8	18.5	118.7	25.1	-	14
	22.3	17.5	21.4	-	23.8	-	18.2
	25.3	20.8	25	-	24.6	-	23.8
	28.6	23.7	28.6	-	25.2	-	25.2
	31.9	26.4	32	-	25.6	-	28.6
	35.2	21	24.3	-	18	102.9	22.2
Амплитуда колебаний A, мм	18.7	22	53	123	89	-	63
	22.3	31	65	-	92	-	79
	25.3	44	77	-	94	-	94
	28.6	72	88	-	97	-	109
	31.9	103	98	-	99	-	124
	35.2	120	108	-	100	206	139

Для определения периода частот и форм собственных колебаний в качестве традиционных расчетных методов применены: метод сил для рам, выполненных по варианту 2 и 3; и приближенный метод Дункерля для рамы, выполненной по варианту 1 [5]. Результаты сравнительного анализа динамических характеристик собственных колебаний приведены в табл.1. На рис.4 представлены формы собственных колебаний надстроек различного конструктивного решения. Инерционная масса, сейсмическая инерционная нагрузка в уровне перекрытий надстроек определялась согласно спектральному методу действующего нормативного документа [3] для расчетной сейсмичности 8 баллов и II категории грунта по сейсмическим свойствам. Результаты сравнительного анализа динамических характеристик вынужденных колебаний приведены в табл.2.

Сравнительный анализ динамических характеристик собственных колебаний поперечных рам надстроек показал расхождение порядка 30-40 % при применении различных методов расчета. Для надстройки, выполненной по варианту 1, приближенный метод Дункерля дает завышенные значения периодов собственных колебаний по первой форме и соответственно завышенные значения амплитуд. Для надстройки, выполненной по варианту 2, сосредоточение всей инерционной массы в уровне нижнего сквозного ригеля дает завышенные значения периодов собственных колебаний и соответственно завышенные значения амплитуд, и меньшие значения инерционных сейсмических сил. Для надстройки, выполненной по варианту 3, сосредоточение всей инерционной массы в уровне верхнего сквозного ригеля и отсутствие учета жесткости подвешенных перекрытий также дает завышенные значения периодов собственных колебаний и соответственно завышенные значения амплитуд, и меньшие значения инерционных сейсмических сил. Сравнительный анализ динамических характеристик вынужденных колебаний поперечных рам надстроек показал расхождение порядка 10-15 % при применении различных методов расчета, что говорит о возможности их применения для практических расчетов по оценке сейсмостойкости надстроек.

ВЫВОДЫ

Динамические расчетные схемы, принятые в ПК «Лира-Windows» 9.4 максимально приближена к конструктивной, учитывают действительный

характер распределения масс и жесткостей, поэтому динамические характеристики, полученные этим методом ближе к действительным значениям. Периоды собственных колебаний поперечных рам надстроек различного конструктивного решения по первой форме находятся в пределах $T= 2-3$ сек. Амплитуды перемещений верхних точек надстроек при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов составляют 240-340 мм. Таким образом, сейсмостойкость надстроек можно считать обеспеченной, так как максимальные перемещения не превышают допустимых в нормативных документах $1/150 h$ (240мм) и периоды колебаний соответствуют минимальным значениям коэффициента динамичности.

В тоже время, повышенные значения периодов собственных колебаний надстроек уменьшают способность сооружения к затуханию колебаний. Разница в динамических характеристиках реконструируемого здания и надстройки может значительно осложнить эксплуатацию здания после реконструкции, привести к нарушению его целостности, нарушению норм виброэкологии [4] и, в конечном счете, значительно снизить его надежность в случае воздействия сейсмических нагрузок. Рациональным в этом случае является введение дополнительных включающихся связей [11] между реконструируемым зданием и надстройкой. Это ведет к изменению динамических расчетных схем надстроек и как следствие изменение их динамических характеристик.

Дальнейшие исследования планируется проводить в следующих направлениях: выбор динамических расчетных схем надстроек с дополнительными связями; определение динамических характеристик надстроек с дополнительными связями; определение жесткостей дополнительных связей различного конструктивного решения; определение оптимального количества дополнительных связей и места их расположения [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажермачев Г., Абдурахманов А., Меннанов Э., 2012. Экспериментальные исследования энергопоглотителя кольцевого типа на знакопеременные нагрузки.// MOTROL. – Vol. 14, № 1, 28-34.
2. Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Куценко А.Н., Марченко Д.В., Медведко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П., 2008. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. – К.: «Факт». - 208.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК

3. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. Нормы проектирования. – К.: ГП «Укрархбудинформ». – 84.
4. Казакевич М.И., Кулябко В.В., 1996. Введение в виброэкологю зданий и сооружений. - Днепропетровск: ПГАСА. -200.
5. Корчинский И.Л. и др., 1971. Сейсмостойкое строительство зданий. - М.: Высшая школа. – 320.
6. Куликов Г., Казьмина А., 2012. Роль структуры жилища при реконструкции и новом строительстве.// MOTROL. – Vol. 14, № 6, 63-68.
7. Морозова Е.В., Бугаев А.В., 2009. Методы реконструкции и обеспечения сейсмостойкости жилых существующих зданий средней этажности. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Вип. 33. – Одеса: Зовнішрекламсервіс. - 109-114.
8. Морозова Е.В., 2010. Динамические характеристики надстроек с включающимися связями. Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць “Будівельні конструкції”. - Випуск 73 “Будівництво в сейсмічних районах України”. – Київ: ДП НДІБК. – 226-231.
9. Немчинов Ю.И., 2008. Сейсмостойкость зданий и сооружений. В двух частях. – Киев. – 480.
10. Немчинов Ю.И. и др., 2012. Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости. Под. Ред. Ю.И. Немчинова. – Киев.: Гудименко С.В. – 384.
11. Поляков В.С., Килимник Я.М., Черкашин А.В., 1989. Современные методы сейсмозащиты. - М.: Стройиздат. - 229.
12. Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П., 2008. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие. Под редакцией Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. Городецкого А.С. – К.: «Факт». - 164.

TO QUESTION FOR DETERMINATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF SUPERSTRUCTURES ON THE INDEPENDENT SUPPORTS

Summary. The reconstruction of the housing with the use of superstructures on the independent supports with metallic frame is the perspective directions, especially for seismic active regions. It is very significant to define reliably dynamic characteristics to evaluate the seismic resistance of superstructures on the independent supports It is the comparative analysis of the dynamic characteristics of the superstructure's frames with different constructive decisions, made by traditional calculated methods and with the help of programmatic complex “Лира -Windows” version 9.4, shown in the article. Directions of further researches are formulated.

Key words: superstructures, dynamic characteristics, seismic resistance

МЕТОДЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ

Геннадий Куликов, Альбина Казьмина

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181

e-mail albinakazmina@yandex.ua

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оптимизации теплоэнергетического воздействия наружного климата на тепловой баланс здания с учетом выбора формы здания, ориентации, этажности.

Ключевые слова. Тепловая эффективность, солнечная энергия, климатические факторы, параметры здания, микроклимат.

ВВЕДЕНИЕ

Создание энергоэффективных зданий и их конструкций (на основе адаптированных к местным условиям архитектурно-строительных решений и климата) становится тем направлением в архитектуре и строительстве, которое позволяет наиболее рационально использовать ограниченные топливно-энергетические и материальные ресурсы при получении максимального социального, экономического и экологического эффекта. Разработка архитектурно-строительных решений, обеспечивающих минимальные теплопотери и формирование условий микроклимата в помещениях зданий, проектируемых и эксплуатируемых в климатических условиях Украины должна быть приоритетным направлением в капитальном строительстве

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИИ

Исследовательская работа целого ряда ученых посвящена определению расчетных критериев необходимой теплозащиты зданий и совершенствованию методов теплотехнического расчета ограждающих конструкций. Анализ результатов исследований многими авторами показывает, что реализация основных задач по экономике тепловой энергии в зданиях может быть эффективно осуществлена на базе точных методов теплотехнического расчета при условии обоснованного выбора расчетных параметров. Учета особенности развития строительного комплекса, условий эксплуатации зданий и их ограждающих конструкций, а также климатических воздействий в районе строительства.

Так, например, разработанный Хлевчуком Р. В. инженерный метод теплотехнического расчета выявил закономерность изменения приведенного сопротивления теплопередачи в процессе оптимизации теплозащитных качеств легкобетонных панелей с термовкладышами

Теоретические основы теплопередачи через стены с учетом их воздухопроницаемости исследованы в работах Шкловера А.М., Васильева Б.Ф., Ушакова Ф.Б. и других. В нормативных документах ряда зарубежных стран регламентируется ориентирование зданий, позволяющих сократить теплопотери через наружные ограждающие конструкции благодаря учету ветровых воздействий и использованию тепла солнечной радиации в зимнее время. К сожалению в этих материалах не оговаривается такой документ для проектирования энергоэффективных зданий, как климатическая модель района строительства и микроклиматические данные участка строительства. Нами в предыдущих работах была разработана такая климатическая модель здания, в которой вычислен энергетический потенциал наружного климата и определены методы его использования.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Архитектурные средства повышения тепловой эффективности зданий зависят от совершенствования их объемно-планировочных решений с учетом макро- и микроклиматических факторов.

В процессе архитектурно-строительного проектирования не всегда в полной мере учитывался весь комплекс климатических факторов, воздействующих на здание. Поэтому в зданиях построенных по таким проектам наблюдаются ухудшение теплового и воздушного режимов внутренней среды проживания, что существенно повышает удельную величину теплопотерь и снижает энергоэффективность сооружений. До начала проектирования необходимо разработать климатическую модель места строительства, которая включает в себя не только климатические факторы, но и взаимосвязь их с типологическими особенностями зданий.[4,5,6]

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При проектировании энергоэффективного здания необходимо рассматривать две независимые энергетические подсистемы [12,13]:

- Наружный климат, как источник энергии;
- Здания, как единая энергетическая система.

Анализ первой подсистемы позволяет вычислить энергетический потенциал наружного климата и определить методы его использования для тепло и холодоснабжения здания.

Анализ второй подсистемы позволяет определить характеристики архитектурно-конструктивных, теплотехнических и энергетических показателей здания, как единой энергетической системы.

Существует две противоположные точки зрения относительно проблемы сохранения энергии и взаимодействия здания с окружающей средой. [12,13]

Первая рассматривает здания, как оболочку, имеющую внутреннее пространство, зависящее от различных природных процессов. В этом случае задача заключается в том, чтобы создать пространство с минимальной теплопередачей, причем, воздух рассматривается, как потребитель энергии, который, прежде чем будет использован должен очищен и либо подогрет, либо охлажден(летом). Если при этом обеспечивается достаточная герметизация помещений, то возникает необходимость применения дезодорирующих устройств и обеспечение эффективной фильтрации воздуха. В этом случае условия для микроклимата помещения создаются путем широкого использования различных механических систем.

Согласно второй точке зрения окружающая среда рассматривается, как положительный фактор, связанный со многими полезными явлениями (солнечным теплом, естественной вентиляцией, естественным освещением и т.д.). Эти внешние процессы могут быть использованы вместо механических систем.

В этом случае основная задача заключается в том, чтобы запроектировать такое здание, которое бы позволило использовать природные явления для обеспечения комфортных условий, а роль механических систем свести минимуму.

При разработке энергоэффективных зданий необходимо осознавать, что потребление энергии зданием начинается с процесса проектирования и продолжается в течение всего срока его существования.

Первые теоретические исследования по созданию энергоэкономичных зданий в России были выполнены в 1908-1910 году профессором по строительному искусству преподавателем Военно-инженерной академии В.А.Соколовским.

Им разработаны способы определения наиболее выгодных форм здания, их ширины и этажности. В своих работах он подчеркивал важность повышения степени комфортности жилых зданий, предлагая проводить её оценку с учетом перспективы и времени эксплуатации постройки, а также подчеркивал необходимость развития “вариантного метода расчета экономичности”.

В странах ЕС и Европейской экономической Комиссии ООН пересмотр и введение в действие новых стандартов и норм по энергосбережению, ужесточению нормативных требований к теплозащите жилых зданий произошло в конце 70-х начале 80-х годов.

В США такое ужесточение стандартов произошло в середине 80-х годов, в результате чего достигается уменьшение расходов энергии на 7-29%.

В стандарте Финляндии “сохранение энергии в зданиях” предусмотрено оборудование зданий автоматически регулируемой системой отопления, позволяющей поддерживать в каждой зоне помещения температуру воздуха с точностью до $\pm 2^\circ \text{C}$.

В дополнение к стандарту США (ASHRAE) регламентируется использование рациональной

геометрической формы, соотношения длины и ширины, площади здания, количество этажей.

В нормах Франции выбор климатической зоны учитывается в зависимости от теплопоступлений на горизонтальную площадку солнечной радиации, такие данные и представлены нами в климатической модели (климатическом паспорте).

В строительных нормах Швейцарии величина среднего коэффициента теплопередачи назначается в зависимости от солнечной радиации поступающей через окна, а также от расположения ограждающих конструкций.

В новейшем ДБН, к сожалению, по тепловой защите зданий в Украине такие критерии не рассмотрены.

В 2000 году принято решение о долгосрочной программе содействия энергетической эффективности (SAVE). [7] Тем самым было подтверждено, что энергоэффективность играет такую роль в снижении отрицательного воздействия жилищного строительства на окружающую среду. Особый интерес представляет Директива ЕС 2002 года по энергетической эффективности зданий, положения которой государства-члены должны были принять до 4 января 2006 года. Цель директивы- улучшение энергетических параметров жилых зданий, потребляющих около 40% производимой энергии. Этим документом установлено, что входящие в ЕС государства должны применять на национальном или региональном уровне методологию расчета энергетической эффективности зданий, включающую оценку их объемно-планировочного решения, ориентации, конструктивных решений и инженерно-технического обеспечения, использование солнечной радиации, внедрение других возобновляемых источников энергии и прочее. Иными словами она содержит основной набор требований к энергетической характеристике зданий.

Успешное выполнение мероприятий по энергосбережению в строительном комплексе зависит от того насколько быстро внедряется в практику проектирования и строительства архитектурно-строительная основа по созданию домов нового поколения: энергоэкономичных и энергоэффективных.

Как известно под энергоэкономичным подразумевается здание, объемно-планировочное и

конструктивное решение, которого, а также система инженерного оборудования помимо общепринятых функциональных требований удовлетворяют ещё и необходимости максимальной экономии энергоресурсов. Отличительная особенность энергоэффективного здания – его способность улавливать, а затем передавать во внутреннюю энергосистему или непосредственно в помещения зданий энергию возобновляемых источников: солнечную, тепло верхних слоёв земли, ветровую и другие её виды.

Принципиальной особенностью современных энергоэффективных зданий является комплексность проработки большого круга архитектурно-строительных и инженерных задач, связанных с процессами поступления распределения в помещениях как традиционных, так и альтернативных видов энергии [1,3,8]. Анализ работ этих авторов показывает, что высокая энергоэффективность зданий и сооружений достигается использованием вполне определенных архитектурно-строительных и инженерных решений, основными из которых являются:

1. Создание зданий, сооружений и их конструкции, отвечающих требованиям энергоэкономичности, способно активно поглощать, передавать в помещения тепловую энергию природной среды и обеспечивать формирование комфортных параметров микроклимата помещений;
2. Приспособленность зданий и сооружений к природным и антропогенным условиям;
3. Рациональные объёмно-планировочные решения, в которых использованы возможности оптимальной ориентации, компактного формирования и блокировки объектов, теплового зонирования помещений.

Ранее нами под руководством профессора Тетиора А.М. был разработан проект семейной фермы с использованием нетрадиционных источников возобновляемой энергии (солнце, ветер) для районов Крыма. Жилой дом фермера – 2-х этажный с ориентацией жилых помещений на южные румбы, на северных румбах запроектированы ванная комната, туалет, постирочная, кладовая, комната для завтрака, окна которой ориентированы на восток. Дом запроектирован с зимним садом, ориентированным также на юг. Целью разработки такого проекта было создание системы, которая обеспечила себя энергией использовала свои отходы (биологическая установка по выработке метана из органических отходов) и сама производила для себя продукты. Для горячего водоснабжения на крыше дома фермера был запроектирован гелиоколлектор. Зимний сад имеет общую систему с жилой частью

здания и является аккумулятором солнечного тепла. В гостиной запроектирован камин как дополнительный источник тепла.

Крыша запроектирована в 2-х вариантах: скатная со встроенным гелиоколлектором и плоская, на которой был запроектирован сад, создающий дополнительную теплоизоляцию. Стабильная температура и влажность крыши обеспечивается наличием толстого слоя земли, растущих растений и усиленной изоляцией самих конструкций, что исключает возникновение влажности в помещениях. Этот проект был зарегистрирован в сборнике научных трудов Украины.

Научные основы методологические принципы проектирования энергоэффективных зданий на основе системного анализа и рассмотрения здания как единой энергетической системы даны в работе Ю.А. Табунщикова и М.М. Бродач. Авторами была предложена методика построения математической модели здания содержащая три основных теплоэнергетические взаимосвязанные подсистемы: наружный климат, воздействующий на оболочку здания, энергия в самой оболочке и энергия внутри объёма здания.

Оптимизационная задача для энергоэффективного здания имеет следующее содержание: определить показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимизацию расхода энергии на создание микроклимата в помещениях здания. В обобщенном математическом виде целевую функцию для энергоэффективного здания можно записать так:

$$Q_{\min} = F(a_i),$$

Где: Q- минимальный расход энергии на создание микроклимата в помещениях здания

a_i -показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимизацию расхода энергии.

Исследования, проведённые в Украине и других странах установили, что совершенствование объёмно-планировочных решений – это основной беззатратный вид энергосберегающих мероприятий, который обеспечивает экономное расходование не только энергетических, но и всех других видов ресурсов.

Элементами объёмно-планировочного решения здания, [11,12] способствующими повышению энергоэффективности являются зимние

сады, оранжереи и атриумы. Эти элементы способствуют снижению затрат энергии на отопление и обеспечивают дополнительные теплопоступления за счёт аккумуляции тепла солнечной радиации.

Атриумная концепция контролируемого микроклимата использовалась на протяжении всей истории архитектуры, в том числе ещё в доисторических постройках, и во всех климатических условиях земного шара.

Преимущество атриумов заключается в следующем: во-первых, комфорт в атриумах достигается архитектурными средствами, путём рационального использования климатических факторов, а также с помощью постепенного перехода с улицы во внутренние помещения здания; во-вторых, защитное остекление атриума позволяет экономить энергию, т. к. при этом уменьшается или исключается необходимость в дорогостоящем отоплении, охлаждении или освещении здания.

Если основной энергетической целью использования атриума является отопление то при его проектировании нужно исходить из следующих принципов: максимально увеличить поступление солнечной энергии в зимнее время, ориентировать остеклённые конструкции атриумов преимущественно на юг. По возможности остекление должно быть вертикальным или наклонным, но не меньше, чем на угол равный географической широте местности.

Для сохранения и распределения лучистой теплоты предусмотреть возможность солнечного прямого облучения внутренней каменной стены зимними солнечными лучами, т.к. нагретая стена будет излучать тепло во внутреннее помещение.

Для возвращения поднимающейся вверх теплоты устраивать рециркуляционные каналы, размещая их в верхней части атриума в зоне облучения солнцем. Тёплый воздух из верхней части атриума может быть направлен механическими средствами либо непосредственно в нижнюю зону атриума, или в жилое помещение для отопления и улучшения микроклимата. Желательно, чтобы атриум с южной стороны не был затенён другими постройками, тогда отопление прямыми лучами зимнего солнца становится весьма ощутимым. Атриум можно использовать для естественного освещения при любых климатических условиях. Благодаря частичной замене

искусственного освещения на естественное обеспечивается экономия затрат на электроэнергию.

При проектировании естественного освещения с использованием атриумов необходимо:

- для обеспечения максимального естественного освещения поперечное сечение атриума должно быть открыто для всего небосвода;
- необходимо обеспечить контроль и регулируемое снижение неблагоприятного воздействия инсоляции посредством ориентации проёмов, выборе цвета и использовании солнцезащитных штор.

Атриумы можно использовать при блокировке зданий небольшой этажности, как соединительный элемент (в одной из научно-исследовательских работ нами разработан проект энергоэффективного 2-х этажного 2-х квартирного блокированного жилого дома с атриумом).

В проект атриума можно включить посадку зелёных насаждений, что создаёт повышенную комфортность и запас энергии. Так, например, в Национальной академии природоохранного и курортного строительства построен такой атриум – зимний сад. Благодаря такому элементу защищены помещения от максимальных северо-восточных ветров и увеличен тепловой комфорт помещения, уменьшены теплопотери через окна, обращенные на северо-восток, которые составляли 35% от общих потерь энергии через ограждающие конструкции, ориентированные на это направление.

Объёмно-планировочное решение энергоэффективного здания зависит от ориентации и посадки здания на местности. Оценкой теплового климата и аэрационного режима занимаются на первой стадии проектирования, при этом определяются принципиальные решения здания, определяющие теплотехническую и экономическую эффективность. Необходимо помнить, что теплопотери через фасады, ориентированные по различным румбам неодинаковы. Для отдельного здания фасады, ориентированные на направления от северо-западного до северо-восточного направления не получают заметного притока тепла в зимний период. При решении планировки квартиры в здании на эти направления необходимо располагать второстепенные помещения (ванны, санузлы, подсобные помещения, возможно кухни).

Исследования показали, что различные комбинации объёмно-планировочных решений могут на 40-42% сократить теплопотери через наружные ограждения за счёт рационального

выбора отношения площади наружных стен к площади основания здания, которое зависит от отношения ширины здания к его длине. По этому в градостроительной практике устойчиво появляется тенденция к строительству ширококорпусных жилых зданий с квартирами повышенной комфортности, учитывающей требования конкретного заказчика. В отличие от существующих зданий шириной 10-12 м ширина новых ширококорпусных составляет до 20 м и более [11,18].

При этом более совершенные по теплотехническим качествам конструкции наружных многослойных конструкций стен, окон с тройным остеклением, кровли утеплённой экструдированным пенополистеролом, пофасадное и поквартирное регулирование режима отопления – все это в совокупности позволяет создать комфортный микроклимат в помещениях многоэтажных ширококорпусных домах при снижении энергозатрат на их отоплении на 50% и более.

При разработке объёмно-планировочного решения энергоэффективного здания следует обосновывать величины и соотношение определенных планировочных параметров: длины и ширины наружных стен, площади наружных ограждающих конструкций, приходящейся на единицу объёма или на 1 м² развёрнутой площади здания. Эти показатели используются для теплотехнической оценки объёмно-планировочных решений, при этом два последних из них, характеризующих и размеры здания и пластику его фасада, являются обобщающими показателями, влияющими на теплопотери здания.

В ряде работ [2,11,13] расчётным путём установлено, что «здание с минимальным коэффициентом компактности (при заданном объёме V) имеет в плане квадратную форму».

Как известно отношение площади наружных ограждающих конструкций к объёму здания характеризует компактность формы здания.

При сравнении одинаковых по объёму сооружений в форме параллелепипеда куб отличается наименьшими теплопотерями через наружные ограждения.

Здания может иметь и форму трапеции и форму шестиугольника что позволяет уменьшить поверхность здания.

ВЫВОДЫ.

1. При комплексном подходе к проектированию, учитывающем архитектурные и строительные принципы, а также взаимосвязь с окружающей средой, можно получать разнообразные решения зданий с использованием энергии солнца, сокращая тем самым количество органического топлива.
2. Здания при проектировании должно рассматриваться как:
 - здания, как солнечный коллектор;
 - здания, как аккумулятор солнечной энергии;
 - здания, как тепловая ловушка.
3. Разработка объёмно-планировочных решений, повышающих энергоэффективность зданий, как традиционного типа, так и зданий, использующих тепловую энергию альтернативных источников.
4. Для отдельных регионов Украины необходимо разработать территориальные нормы и правила по энергосбережению в зданиях и проектированию их тепловой защиты, позволяющая более целенаправленно учитывать особенности природно-климатических условий конкретной территории для повышения энергетической эффективности зданий.
5. Необходима более точная оценка уровня энергоэффективности эксплуатируемых зданий и наружных ограждений с целью выбора рациональных вариантов повышения их тепловой защиты и проведения целенаправленных энергосберегающих мероприятий.
6. Желательно разработать особую методику проектирования, которая более полно учитывает естественные процессы и позволяет создать здание воспринимающее, как положительное и отрицательное влияние температур наружного воздуха, влажности, ветра и солнечной радиации без использования механических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликова Г., Казьмина А., 2011. Основные принципы и приёмы формирования энергоэффективных зданий.// Сб. науч. тр. НАПКС.-№38, 110-115.
2. Дворецкий А., Казьмина А., 2008. Некоторые аспекты энерго- и ресурсо-экономической системы реконструкции пятиэтажной жилой застройки.// Пятая международная научно-практическая конференция «Геометрическое и компьютерное моделирование:

энергосбережение, экология, дизайн.» -Вып. 80, 226-231.

3. Дворецкий А., Казьмина А., 2008. Выбор и систематизация энергетических параметров энергоэффективных жилых зданий – Сб. науч. тр. НАПКС, 35, 168-173.

4. Казьмина А., 2000. Климатический паспорт – первая ступень для проектирования зданий.//Устойчивый Крым, инновационный потенциал КИПКС, 35 – 41.

5. Кратцер П., 1988 Климат города/ Пер. с нем. – М.: Стройиздат. -351.

6. Свищ И., Шевчук А., 2012, Снижение энерго и ресурсоёмкости при использовании гиперпластифицирующих добавок а бетонах //MOTROL- Vol. 14, №6 105-110.

7. Матросов Ю., 2004. Законодательство и стандартизация Европейского союза по энергоэффективности зданий.// ЭСКО. - №6, 28-35.

8. Щукина Т., 2009. Энергосберегающие наружные ограждения для зданий с регулируемым микроклиматом помещений. Пром. и гражд. Строительство. - №4, 65-74.

9. Глинкин С., 2003. Современные ограждающие конструкции энергоэффективность зданий. М.: ОАО «ЦНИИ промзданий», 87.

10. Глинкин С., 2005. Энергосбережения в зданиях, прогрессивные ограждающие конструкции и практические методы их расчёта. М.: ОАО «ЦНИИ промзданий». - 112.

11. Гиндиян А., Авдеев К., 2009. О показателе компактности зданий. Пром и гражд. строительство, №8, 87-95.

12. Андерсон Б., 1982. Солнечная энергия. – М.: Стройиздат. – 246.

13. Аромин Дж. Э., 1960. Климат и архитектура. – М.: Гостройиздат. – 348.

14. Шаленый В., Дюкарев К., Скокова А., 2010. Методика дослідження очікуваних затрат на відновлення фасадної теплоізоляції будинків з опорядженням легкою штукатуркою.//MOTROL-Vol. 12D, 101-109.

15. Вошков А.И., 1962. Зависимость температуры от направления ветра. – М.: Изд. АНССЕР. – 124.

16. Шлинский В. М., 1964. Проектирование ограждающих конструкций зданий с учётом физико-климатических воздействий. – М.: Стройиздат. – 268.

17. Круглова А. И. Климат и ограждающие конструкции. – М.: Стройиздат. – 420.

18. Шуберт Р., Денис А., 1983. Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании. М.: Стройиздат. – 320.

19. Шаленый В., Скокова А., 2011. Вплив ступеню ушкодження зовнішньої теплоізоляційної системи CERESIT на вартість робіт по її відновленню.//MOTROL- Том 13С, 68-79.
20. Будівельна кліматологія ДСТУ – НВ.1.1-27:2011 (проект, остаточна ред.) К: 2011.

METHODS OF ARCHITECTURAL AND
CONSTRUCTION SOLUTIONS AND
THERMAL EFFECTIVENESS OF
BUILDINGS

Summary: The describes the issues of optimization of thermal power impact of external climate on thermal balance of a building considering its form, orientation and number of storey's.

Key words: thermal effectiveness; solar power, climatic factors, building parameters; microclimate.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЭРЛИФТА С РАЗВИТОЙ СНАРЯДНОЙ СТРУКТУРОЙ ВОДОВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Анатолий Кононенко, Геннадий Улитин, Валерий Калиниченко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Адрес: 83001, Украина, г. Донецк, ул. Артема, 58

e-mail: ap.kononenko@ukr.net

Аннотация. Приведено аналитическое решение математической модели рабочего процесса эрлифта с развитой снарядной структурой водовоздушного потока, позволяющее теоретически установить влияние длины жидкостных пробок, газовых снарядов и других значимых факторов на режимы и энергетическую эффективность работы газожидкостного подъемника.

Ключевые слова: математическая модель, эрлифт, подъемная труба, снарядная структура, подача, расход воздуха, энергоэффективность, длина газового снаряда, длина жидкостной пробки.

ВВЕДЕНИЕ

Теоретическое обоснование возможных способов повышения энергетической эффективности работы гидравлических машин и аппаратов, к которым относятся и эрлифты, основывается на математических моделях их рабочих процессов, базирующихся, как правило, на дифференциальных уравнениях сохранения массы и количества движения. Во многих случаях такие математические модели могут быть решены только численными методами, имеющими известные недостатки и ограничения. Поэтому разработка метода аналитического решения математической модели рабочего процесса эрлифта с развитой снарядной структурой водовоздушного потока является актуальной научной задачей, имеющей существенное практическое приложение.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Моделирование рабочих процессов эрлифтов со снарядной структурой водовоздушного потока наиболее востребовано ввиду либо наиболее высокой энергоэффективности таких подъемников в общепромышленных условиях [1÷4], либо однозначности их работы с такой структурой многофазной смеси в условиях глубоководных или скважинных подъемов [5÷8].

Снарядную структуру вертикального восходящего водовоздушного потока разделяют на развитую и развивающуюся, первая из которых характеризуется упорядоченностью периодического движения сформировавшихся газовых снарядов и жидкостных пробок, а вторая – движением все еще визуально различимых снарядов и пробок, но потерявших строгую геометрическую форму с возможностью взаимного слияния и деления [9÷13]. Развивающаяся структура в сравнении с развитой характеризуется уменьшением длины жидкостных пробок и увеличением длины газовых снарядов с повышением их относительной скорости, что при работе эрлифта приводит к снижению подачи, уменьшению истинного газосодержания, увеличению потерь на скольжение фаз и, в общем

итоге, снижению энергоэффективности работы гидроаппарата [2÷3].

Для выявления влияния длин жидкостных пробок и газовых снарядов и их соотношений в вертикальной подъемной трубе на энергоэффективность работы газожидкостного подъемника разработана, с принятыми допущениями, математическая модель рабочего процесса эрлифта с развитой снарядной структурой водовоздушного потока и выполнено ее численное решение [3]. Углубление использования разработанной математической модели с целью изучения и установления способов повышения эффективности работы эрлифта возможно при ее аналитическом решении.

Исходя из изложенного необходимо выполнить аналитическое решение математической модели рабочего процесса эрлифта с развитой снарядной структурой водовоздушного потока, позволяющей учитывать влияние длины газовых снарядов и жидкостных пробок и их соотношений на режимы работы газожидкостного подъемника.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ

Исходное, численно решаемое в [3], уравнение движения для i – ой пробки воды в вертикальной подъемной трубе эрлифта имеет вид

$$m' \frac{dw'(z)}{dt} = F_p(z) - F_g' - F_\tau'(z) - F_g'(n-i)(z), \quad (1)$$

где $m' = \rho' \omega L_s$ – масса каждой из i -ых пробок воды; ρ' – плотность воды; $\omega = \pi D^2 / 4$ – площадь поперечного сечения подъемной трубы; D – диаметр подъемной трубы; L_s – длина пробки воды; $w'(z)$ – скорость i -ой пробки воды в сечении подъемной трубы с вертикальной координатой z ; t – время; $F_p(z) = p_{cm} [1 - z / (H + h)] \omega$ – сила

давления; $p_{см} = \rho'gh$ – избыточное давление в смесителе; H – высота подъема эрлифта; h – геометрическое погружение смесителя; $F'_g = m'g$ – вес пробки воды; g – ускорение свободного падения; $F'_\tau(z) = \tau'_w(z)\pi D \sum L_s(z)$ – сумма сил трения i -ой и выше находящихся пробок воды о стенки подъемной трубы; $\tau'_w(z) = \lambda' \rho' [w'(z)]^2 / 8$ – касательное напряжение; $\lambda' = 0,11(\Delta_3/D)^{0,25}$ – коэффициент гидравлического трения (формула Шифринсона); $\sum L_s(z) = (H+h-z)[1-\varphi_{cp}(z)]$ – часть длины подъемной трубы выше сечения z , занятая жидкостными пробками; $\varphi_{cp}(z)$ – среднее объемное истинное газосодержание водовоздушного потока на участке подъемной трубы длиной $(H+h-z)$; $F'_g(n-i)(z) = m'gn[1-z/(H+h)]$ – вес верхних $(n-i)$ пробок воды; n – общее число пробок воды в подъемной трубе.

Число n жидкостных пробок в подъемной трубе определяется исходя из условия $(H+h)_{расч} \leq H+h$ [3], где расчетная длина подъемной трубы

$$(H+h)_{расч} = L_s n + L_{b1} + \sum_{i=2}^n L_{bi},$$

здесь L_{b1} и L_{bi} – длина 1-го (на входе в подъемную трубу) и i -го газового снаряда соответственно.

Аналитическое решение математической модели (1) рабочего процесса эрлифта с развитой снарядной структурой водовоздушного потока может быть получено при условии использования в уравнении для определения части длины подъемной трубы выше сечения z , занятой жидкостными пробками, $\sum L_s(z)$, допущения равенства среднего газосодержания водовоздушной смеси на участке трубы $(H+h-z)$, обозначаемого $\varphi_{cp}(z)$, среднему газосодержанию в подъемной трубе $\bar{\varphi}$, то есть $\varphi_{cp}(z) = \bar{\varphi}$. Тогда это уравнение примет вид

$$\sum L_s(z) = (H+h-z)(1-\bar{\varphi}).$$

Исходя из данного допущения, среднее объемное истинное газосодержание водовоздушного потока $\bar{\varphi}$ на рассматриваемом участке подъемной трубы не зависит от координаты z .

С учетом принятого допущения сумму сил трения i -ой и выше находящихся жидкостных пробок о стенки подъемной трубы [3] возможно представить в виде

$$F'_\tau(z) = 0,11 \left(\frac{\Delta_3}{D} \right)^{0,25} \frac{\rho' [w'(z)]^2}{8} \pi D \times \\ \times (H+h-z)(1-\bar{\varphi}) = A [w'(z)]^2 (H+h-z),$$

где

$$A = 0,11 \left(\frac{\Delta_3}{D} \right)^{0,25} \frac{\rho' \pi D}{8} (1-\bar{\varphi}),$$

а уравнение (1) после подстановки значений внешних сил и несложных преобразований – в виде

$$m' \frac{dw'(z)}{dt} = p_{см} \left(1 - \frac{z}{H+h} \right) \omega - m'g - \\ - A [w'(z)]^2 (H+h-z) - m'gn \left(1 - \frac{z}{H+h} \right). \quad (2)$$

Переходя к дифференцированию по z , получаем

$$\frac{dw'(z)}{dt} = \frac{dw'(z)}{dz} \frac{dz}{dt} = \frac{d[w'(z)]^2}{2dz},$$

что позволяет преобразовать (2) к виду

$$\frac{d[w'(z)]^2}{dz} = \frac{2p_{см}}{m'} \left(1 - \frac{z}{H+h} \right) \omega - 2g - \\ - \frac{2A}{m'} [w'(z)]^2 (H+h-z) - 2gn \left(1 - \frac{z}{H+h} \right). \quad (3)$$

После алгебраических преобразований уравнение (3) возможно записать следующим образом

$$\frac{d[w'(z)]^2}{dz} = 2 \left[\frac{p_{см}\omega}{m'} - g(1+n) \right] + \\ + \left(gn - \frac{p_{см}\omega}{m'} \right) \times \frac{2z}{H+h} - \\ - \frac{2A(H+h)}{m'} [w'(z)]^2 + \frac{2A}{m'} [w'(z)]^2 z. \quad (4)$$

Обозначив

$$B = 2 \left[\frac{p_{см}\omega}{m'} - g(1+n) \right]; \quad C = \left(gn - \frac{p_{см}\omega}{m'} \right) \frac{2}{H+h}; \\ D = \frac{2A(H+h)}{m'}; \quad E = \frac{2A}{m'}, \quad [w'(z)]^2 \equiv W(z),$$

представим (4) в виде

$$\frac{dW(z)}{dz} = B + Cz - DW(z) + EW(z)z,$$

или

$$\frac{dW(z)}{dz} + (D - Ez)W(z) = B + Cz. \quad (5)$$

Выполним замену в (5)

$$D - Ez = \xi,$$

откуда

$$z = \frac{D - \xi}{E},$$

и тогда

$$\frac{d\xi}{dz} = -E.$$

Выразим

$$\frac{dW(z)}{dz} = \frac{dW(z)}{d\xi} \frac{d\xi}{dz} = -E \frac{dW(z)}{d\xi}.$$

Тогда (5) можно записать

$$-E \frac{dW(z)}{d\xi} + \xi W(z) = B + C \frac{D - \xi}{E},$$

или

$$\frac{dW(z)}{d\xi} - \frac{\xi}{E} W(z) = -\frac{B}{E} - \frac{CD}{E^2} + \frac{C}{E^2} \xi. \quad (6)$$

Обозначим

$$a = -\frac{B}{E} - \frac{CD}{E^2}$$

и (6) преобразуем к виду

$$\frac{dW(z)}{d\xi} - \frac{\xi}{E} W(z) = a + \frac{C}{E^2} \xi. \quad (7)$$

Примем $W(z) = uv$ и преобразуем (7)

$$u'_\xi v + uv'_\xi - \frac{\xi}{E} uv = a + \frac{C}{E^2} \xi,$$

или

$$u'_\xi v + u \left(v'_\xi - \frac{\xi}{E} v \right) = a + \frac{C}{E^2} \xi. \quad (8)$$

Из (8)

$$\frac{dv}{d\xi} = \frac{\xi}{E} v. \quad (9)$$

Тогда из (9)

$$\frac{dv}{v} = \frac{\xi}{E} d\xi \text{ и } \ln v = \frac{\xi^2}{2E},$$

откуда

$$v = e^{\frac{\xi^2}{2E}}. \quad (10)$$

С учетом (10) выражение (8) примет вид

$$u'_\xi e^{\frac{\xi^2}{2E}} = a + \frac{C}{E^2} \xi, \text{ или}$$

$$u'_\xi = e^{-\frac{\xi^2}{2E}} \left(a + \frac{C}{E^2} \xi \right).$$

Воспользуемся начальными условиями

$$W(0) = W_0; \text{ так как } W(\xi), \text{ то } W(D) = W_0.$$

Тогда

$$u(\xi) = a \int_D^\xi e^{-\frac{\xi^2}{2E}} d\xi + \frac{C}{E^2} \int_D^\xi \xi e^{-\frac{\xi^2}{2E}} d\xi + \bar{C}, \quad (11)$$

где $\bar{C} = const$ – определяется из условия $W(D) = W_0$.

Из условия $W = uv$ с учетом (11) получаем

$$W = uv = a e^{\frac{\xi^2}{2E}} \int_D^\xi e^{-\frac{\xi^2}{2E}} d\xi - \frac{C}{E} + \bar{C} e^{\frac{\xi^2}{2E}} + \frac{C}{E} e^{\frac{\xi^2}{2E}} e^{-\frac{D^2}{2E}}. \quad (12)$$

Выражение (12) получено с учетом

$$\int_D^\xi \xi e^{-\frac{\xi^2}{2E}} d\xi = -E e^{-\frac{\xi^2}{2E}} \Big|_D^\xi.$$

Определим \bar{C} , подставив в (12) $\xi = D$

$$W_0 = \bar{C} e^{\frac{D^2}{2E}},$$

откуда

$$\bar{C} = W_0 e^{-\frac{D^2}{2E}}.$$

С учетом приведенного выражение (12) примет вид

$$W = a e^{\frac{\xi^2}{2E}} \int_D^\xi e^{-\frac{\xi^2}{2E}} d\xi + \frac{C}{E} \left(e^{\frac{\xi^2 - D^2}{2E}} - 1 \right) + W_0 e^{\frac{\xi^2 - D^2}{2E}}. \quad (13)$$

Введем функцию Лапласа

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

и выразим (13) следующим образом

$$W(\xi) = a \sqrt{2\pi E} e^{\frac{\xi^2}{2E}} \left[\Phi\left(\frac{\xi}{\sqrt{E}}\right) - \Phi\left(\frac{D}{\sqrt{E}}\right) \right] + \frac{C}{E} \left(e^{\frac{\xi^2 - D^2}{2E}} - 1 \right) + W_0 e^{\frac{\xi^2 - D^2}{2E}}, \quad (14)$$

где $\xi = D - Ez$, $a = -\frac{B}{E} - \frac{CD}{E^2}$.

Функция Лапласа [14]

$$\int_D^\xi e^{-\frac{\xi^2}{2E}} d\xi = \sqrt{2\pi} \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{D}{\sqrt{E}}}^{\frac{\xi}{\sqrt{E}}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = \sqrt{2\pi E} \left[\Phi\left(\frac{\xi}{\sqrt{E}}\right) - \Phi\left(\frac{D}{\sqrt{E}}\right) \right],$$

где $\frac{\xi}{\sqrt{E}} = z$, $d\xi = \sqrt{E} dz$.

Так как $W(z) \equiv [w'(z)]^2$, то уравнение (14) выражает зависимость скорости жидкостной пробки $w'(z)$ в заданном сечении z подъемной трубы от значащих факторов, что позволяет выполнить аналитические исследования, в том числе, влияния длин жидкостных пробок L_s и газовых снарядов L_b на энергоэффективность работы эрлифта.

ВЫВОДЫ

Приведено аналитическое решение математической модели рабочего процесса эрлифта с развитой снарядной структурой водовоздушного потока, позволяющее теоретически установить влияние значимых параметров на энергетическую эффективность работы газожидкостного подъемника. Анализ аналитического решения математической модели необходимо выполнить для значимых параметров, характеризующих общепромышленные эрлифты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононенко А., 2006.: Модель рабочего процесса эрлифта со снарядной структурой водовоздушного потока // Промислова гідраліка і пневматика. - №1, 34-37.
2. Кононенко А., Калиниченко В., 2013.: Модель рабочего процесса эрлифта с учетом структуры газожидкостных образований снарядного водовоздушного потока // Вісник НТУ «ХП». - №5 (979), 110-118.
3. Кононенко А., Калиниченко В., 2013.: Математическая модель рабочего процесса эрлифта с развитой снарядной структурой водовоздушного потока // Наукові праці ДНТУ. Серія гірничо-електромеханічна. - №2 (26), 151-163.
4. Кононенко А., Карпушин М., 2010. Рабочий режим и особенности формирования подачи эрлифта в условиях переменных притоков гидросмесей (жидкостей) // MOTROL. - №12, 300-308.
5. Кириченко Е., Евтеев В., Романюков А., 2007.: Исследование параметров снарядной структуры течения в подъемной трубе глубоководного эрлифта // Науковий вісник НГУ. – № 9, 66–72.
6. Кириченко Е., Гоман О., Кириченко В., Романюков А., 2012.: Моделирование динамических процессов в глубоководных пневмогидротранспортных системах. – Днепропетровск: НГУ. – 268.
7. Кириченко Е., Кириченко В., Евтеев В., 2013.: Теория и алгоритмы расчета снарядного течения в эрлифте. – Днепропетровск: НГУ. – 263.
8. Red'ko A., Kononenko A., Bugai V., 2009. Energy efficiency of geothermal circulating systems of the heat supply // MOTROL. - №11A, 64-69.
9. Уоллис Г., 1972.: Одномерные двухфазные течения. - М.: Мир. - 440.
10. Мойссис, Гриффитс., 1962.: Влияние входных условий на снарядный режим течения двухфазной смеси // Труды американского общества

инж.-мех., серия С. Теплопередача. - том 84, №1, 38-51.

11. Мойссис., 1963.: Переход от снарядного к эмульсионному режиму течения двухфазной среды // Труды американского общества инж.-мех., серия С. Теплопередача. - том 85, № 4, 93 – 98.

12. Субботин В., Похвалов Ю., Михайлов Л., Кронин И., Леонов В., 1976.: Временные и структурные характеристики газожидкостного потока при снарядном течении // Теплоэнергетика. – №1, 67-70.

13. Нездойминов В., Рожков В., Григоренко Н., Заворотный Д., 2012. Математическое описание газожидкостной структуры потока в системе транспортирования жидкости под вакуумом // MOTROL. – Vol. 15, №6, 125-132.

14. Корн Г., Корн Т., 1978.: Справочник по математике. - М.: Наука. – 832.

ANALYTICAL SOLUTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF OPERATING PROCESS OF THE AIRLIFT WITH THE DEVELOPED PROJECTILE STRUCTURE OF THE WATER-AIR STREAM

Summary. The analytical solution of the mathematical model of operating process of the airlift is worked out with the developed projectile structure of the water-air stream. It allows to theoretically establish the effect of length of liquid corks, gas projectiles and other meaningful factors on the modes and the energy efficiency of the gas-liquid lift.

Key words: mathematical model, airlift, lift pipe, projectile structure, serve, expense of air, energy efficiency, length of the gas projectile, length of the liquid corks.

HEAT LOSS REDUCTION OF ENERGY-EFFICIENT HOME BY BUFFER AREAS

Alexander Dvoretzky, Ksenia Klevets

Prof. Dr., National Academy of Nature Preserving and Resort Construction, Kievskaya street, 181, Simferopol, Crimea, Ukraine, 95043. Fax.: +380 652 51-57-50,

E-mail: dvoretzky@napks.edu.ua

Summary. Architectural solution of a 4-storey residential house with allocation of buffer areas in it has been proposed. Various variants of the heat balance have been calculated. Analysis and comparison of the results obtained have been carried out.

Key words: buffer area, energy-efficient building, heat loss.

INTRODUCTION

There are different ways to reduce the heat loss while designing the energy-efficient buildings. In the present paper, we consider the method of temperature regime regulation for the building areas, i.e., the allocation of the unheated (buffer) areas, and the method of blocking buildings. At the same time, the problem of determining the influence of the buffer areas on the energy-efficiency of the building arises.

PUBLICATION ANALYSIS

The book [1] provides the main principles for designing of passive houses. The design principles for solar architecture and for device buffer areas are considered in [2]. The design features of the energy-efficient buildings for the south of Ukraine with relatively cold winters, hot summers, and high solar radiation (more than 2000 hours of sunshine per year) are discussed in [5,6,7]. Each decision made at the stage of conceptual design is evaluated quantitatively, and the architect makes a significant contribution to the result of the building's energy-efficiency.

Conceptual design can be used to develop technical and detailed design of energy efficient building only when the overall heat transfer coefficient is not more than a controlling specific building total factor [3,4,8].

The energy-saving effect due to using architectural solutions is possible with complex parameterization of the building (orientation, the parameters of the shape and position of translucent structures, building design including buffer areas, blocking of buildings, insulation properties of building envelope, solar heating devices for indoor air, sun protection devices) [5,8,9].

The possibilities on the increase of energy effectiveness of small floor buildings due to designing of forms and geometry of passive and active solar installations and functional distributing of apartments are considered in the article [10]. These

possibilities can decrease the expense of fuel resources on 50%, that diminishes the troop landings of hotbed gases and common negative influence on an environment.

The systems of air hitting with given characteristics are considered. Their design and calculation are done with the help of computer program Solidworks. It is the way to increase the energy effectiveness of buildings [18].

The reasonability of building energy efficiency of individual buildings in the Crimea with the maximum use of solar energy is justified in article [12, 13, and 20]. In this case, fuel savings can reach 50%, and the heating period can be shortened to three months: December, January and February.

For a more thorough search of rational parameters of a building, the method of energy efficient low-rise building design for the south of Ukraine at the stage of conceptual design is proposed [14, 15, 16, and 17].

In this paper [19], we propose a method for constructing solar energy maps, with isolines [11] of solar radiation, incident on the vertical façade. Solar energy maps allow evaluating architectural design solutions of translucent constructions and shading devices on the design stage, taking into account, in particular, the influence of the solar energy on the climate parameters of accommodation.

The problem of the production of heat from solar radiation through the windows of the south facade in winter and summer is considered [21]. The results of data in case of the presence of shading devices and without them are compared. The quantitative estimates of solar radiation and comparison of data for the winter and summer are performed.

OBJECT AND PROBLEMS

From the point of view of improving the heat balance of enclosing structures for improving the energy efficiency of the buildings, offer the architectural

solution for the dwelling house and the most effective way to reduce heat loss in it.

Using the main principles of designing the energy-efficient buildings, the 4-storey apartment building was designed with the ability to block it on the east and west sides. In order to increase the compactness and the conservation of the southern orientation of all dwellings, the apartments are designed in two levels, so there are only 2 apartments

per each 4-storey section. The basement provides a garage with for 3 parking places. Fig. 1 shows the plan of the ground and the first floor of the lower flat. Fig. 2 shows a cross section 1-1, the roof is formed gabled with an inclination angle of 30 °.

A buffer zone was allocated on each floor, which is a group of unheated spaces. It is shown in figures 1 and 2.



Fig. 1. Plan of the ground and the first floor of the flat in the energy-efficient 4-storey building with a block ability

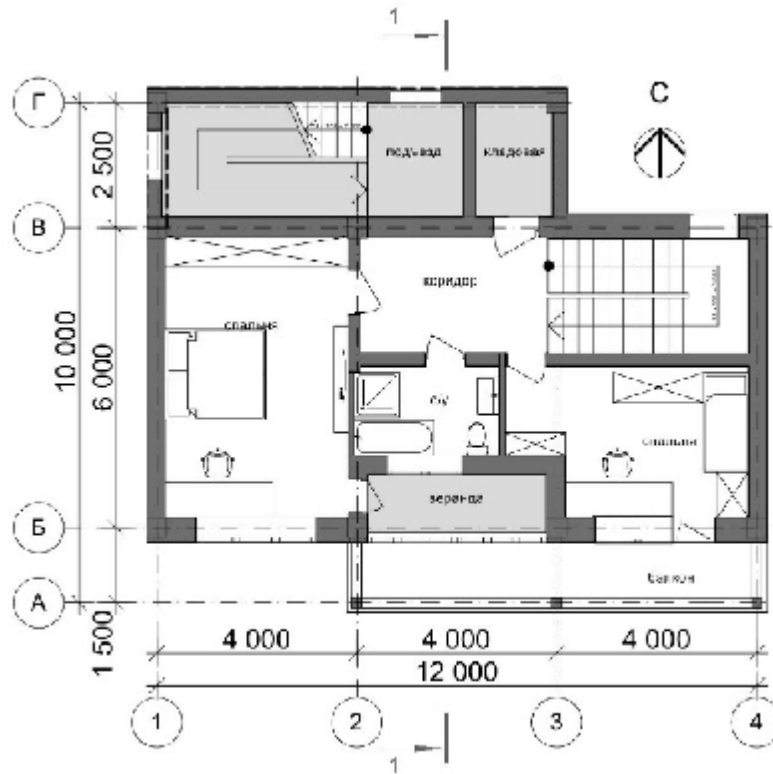


Fig. 2. The first floor of the flat in the energy-efficient 4-storey building with a block ability

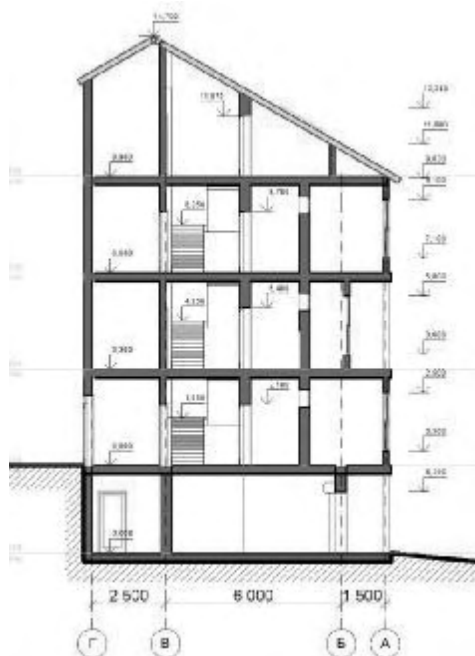


Fig. 3. Cross-section 1-1

The apartment itself is designed in such a way that all dwellings have south facing orientation. In the depths of the apartment has two bathrooms (one above the other) that are lit by natural light through the windows overlooking the front porch.

This state of toilets reduces heat loss, as in these areas the estimated air temperature 25°C, while in the rest of the premises +20°C. Thus, the center is flat like "core heat." In addition, the front porch, located next to the bathrooms will serve as green houses, informing them of the additional heat generated by the sun.

Despite the presence of a buffer zone in the northern part of the building, each apartment, there is an intermediate buffer zone provided by the inner hall way and stairs that being a non-residential area, located in the northern part of the apartment, just a barrier to cold air. The apartment is divided into two zones -day and night stay. Recreation area is located on the 2nd floor, so that it is isolated from the hustle and bustle.

Fig. 3 shows a cross-section 1-1, the roof of the house is made saddle, with an inclination of 30 degrees. Top floor attic, so the windows are located in the roof to illuminate the rooms.

The main objective was the determination of a simple shape in the plan that would protect a heated zone from unwanted cold northern winds. These rooms use minimum glazing to reduce the heat loss. In the south, on the contrary, the buffer zone is represented by an unheated veranda with a large percentage of glazing, which is used to heat the air and transfer it to the living room at autumn, and spring, when the outdoor temperature is low, but there are many sunny days.

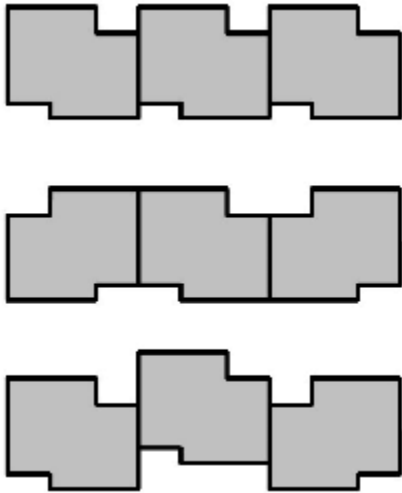


Fig. 4. Blocking variants

Several design cases were selected for calculation of the heat balance:

1. In the first variant of calculations, we assumed that

all areas of the house are heated, and the house is not interlocked. In this case, the heat losses are $18.48 \text{ kW} \cdot \text{h}$.

2. In the second variant, only the heated area was calculated, while unheated area serves as a buffer zone in the northern part of the building. Heat losses are $12.36 \text{ kW} \cdot \text{h}$ which equals 66% of the previous variant. This means that buffer space and temperature regulation allows to reduce heat loss by 34%.

3. In the third variant, in addition to the second variant, it is assumed that the building is interlocked (Fig.4) on the eastern side with the all length of the heated zone. Heat losses are $10.18 \text{ kW} \cdot \text{h}$, which makes 55% of the first variant. Thus, by blocking the eastern facade of the building heat loss dropped further by 11%, and is reduced by 45% in total.

4. In the fourth variant, it is assumed that the building is also interlocked with the west facade. Heat losses in this case are reduced to $8.67 \text{ kW} \cdot \text{h}$, representing 47% of the first variant. Due to all of the above methods the heat loss decreased by 53% in total.

Thus, by controlling the temperature of the building, we can significantly reduce the heat losses of the building. Buffer areas in the building considered occupy 30% of the total area. In case of refusing from their heating, the building heat loss reduces by 34%. Percentage of the building heat loss reduction is almost linear proportional to the percentage of the area, occupied by buffer zones (Fig. 5).



Fig. 5. The south façade of the building

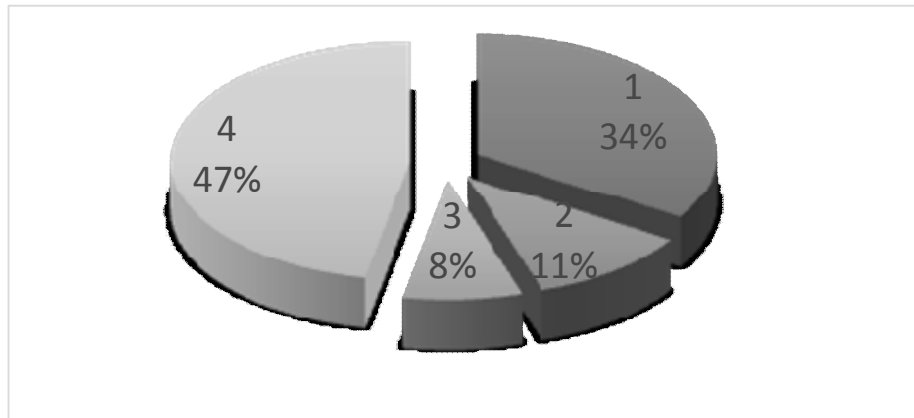


Fig. 6. Heat balance of the 4-storey building with buffer areas

CONCLUSIONS

The results obtained indicate that one of the most effective ways to reduce heat losses in the building is temperature regulation with the implementation of the buffer unheated areas. In the example considered, this method allowed to reduce heat loss by 34% that is almost equivalent to the percentage of linear proportional to the percentage of the area, occupied by buffer zones (30%).

The method of blocking on the outer wall of the heated area of the buildings allowed to reduce the heat loss by 11% in case of blocking from the east facade, and by 8% at blocking from the west.

Fig. 6 presents the data, obtained for various variants of heat losses reducing. Reducing heat loss due to: 1 - buffer space - 34%; 2 - blocking off the east facade - 11%; 3 - blocking from the west facade - 8%; 4 - Fossil fuel - 47%.

REFERENCES

1. Матросов Ю. А., 2008. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути её решения/ Научно исследовательский институт строительной физики// М. - 495.
2. Faist W. 1993. Passive Houses in Central Europe, Kassel, Darmstadt.
3. ДСТУ – Н Б В.1.1 – 27:2011. Строительная климатология. Киев.
4. ДСТУ-Н Б В.2.2-27: 2010. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення. Чинний з 01.01.11.
5. A.T. Dvoretzky, 2011. Energy-efficient house with the maximum use of solar energy / A.T. Dvoretzky, A.E. Maksimenko, T.V. Denisova //

Proceedings of the International Symposium "Sustainable Architecture". - Moscow. - 142.

6. Дворецкий А.Т., 2012. Энергоэффективные дома для Крыма. // Материалы международной конференции «Биосферносовместимые города и поселения» Брянск. - 118 – 122.

7. Дворецкий А.Т., 2012. Особенности и предпосылки строительства энергоэффективных индивидуальных домов в Крыму// Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научных трудов. - № 65, 203-208.

8. Сергейчук О.В., 2010. Перспективные направления геометрических исследований по повышению энергоэффективности в строительстве / О.В.Сергейчук // Прикл. геометрия и инж. графика. – К.: КНУБА.–Вып.86, 31 - 36.

9. Dvoretzky A.T., 2008. Increasing Energy Effectiveness of Individual House with Use of Solar Energy // MOTROL. - Т. 10А, 25-30.

10. Дворецкий А.Т., 2009. Пассивные и активные солнечные установки в индивидуальном доме// MOTROL. – Т. 11А, 146 - 152.

11. A. Dvoretzky., 2009. Computer simulation of the flux distribution on receiver surfaces/ A. Dvoretzky, T. Denysova// The 15th Int. Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies.- Berlin, Germany.

12. Дворецкий А.Т. Особенности и предпосылки строительства энергоэффективных индивидуальных домов в Крыму// Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. научных трудов. - № 65, 203 - 208.

13. Дворецкий А.Т., Дворецкий Д. А., 2012. Солнечная энергия оранжереи в тепловом балансе малоэтажного здания// Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов. Вып. №41, 14 - 19.

14. Дворецкий А.Т., 2013. Определение процента снижения теплопотерь за счёт буферных помещений в энергоэффективном доме. / Дворецкий А.Т., Клевец К.Н.// XV Міжнародна науково – практична конференція «Сучасні проблеми геометричного моделювання», Мелітополь. - 62- 66.

15. Patent for useful model № 49144 " Device for heating a room" was registered 26.04. In 2010. Inventor: Dvoretzky A.T.

16. Барыкин Б., 2012. К вопросу о биопозитивности строительства на сложном рельефе/ Барыкин Б. Барыкин А.// MOTROL. – Vol. 14, №6, 123-129.

17. Ветрова Н., 2012. Экологический аудит и экологический мониторинг в управлении экологической безопасностью региона/ Ветрова Н.// MOTROL. – Vol. 14, №1, 80-85.

18. Дворецкий А.Т., 2012. Солнечная энергия оранжереи в тепловом балансе малоэтажного здания/ Дворецкий А.Т., Дворецкий Д. А.// Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов. - Вып. №41, 14 - 19.

19. Дворецкий А.Т., 2012. Геометрическая модель распределения солнечной радиации на вертикальном фасаде/ Дворецкий А.Т., Чебышев М.В.// Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Сб. научных трудов. - № 5, 24 - 28.

20. Клевец К.Н., 2013. Влияние тепловых поступлений через окна южного фасада на создание

комфортных условий в помещении.// Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов. - Вып. №48, 88 - 92.

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМАХ С БУФЕРНЫМИ ПОМЕЩЕНИЯМИ

Аннотация. Разработано архитектурно-планировочное решение жилого 4-этажного дома, с выделением в нем буферных помещений. Выполнены расчеты различных вариантов его теплового баланса. Полученные результаты свидетельствуют о том, что одним из наиболее эффективных способов снижения теплопотерь в здании является регулирование температурного режима помещений с выделением буферных неотапливаемых зон. В рассмотренном примере этот прием позволил снизить теплопотери на 34%, что практически эквивалентно проценту занимаемой площади буферных помещений от общей площади здания (30%). Прием блокировки по наружной стене отапливаемой зоны здания позволил снизить теплопотери: на 11% при блокировке с восточного фасада, и на 8% при блокировке с западного.

Ключевые слова: буферное помещение, тепловой баланс, энергоэффективное здание, теплопотери.

МИГРАЦИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ФПГС В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ПРИ ПОПАДАНИИ ИХ В ПОЧВУ С ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД

Елена Валкина, Светлана Вернези, Илья Николенко

Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Адрес: Украина, АР Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181
e-mail: energia-09@mail.ru

Аннотация. Фармацевтические препараты и гигиенические средства (ФПГС) являются распространенными загрязнителями окружающей среды. В статье рассматриваются процессы миграции и трансформации ФПГС в окружающей среде после внесения их в почву с осадками сточных вод или при сбросе очищенных сточных вод в водные объекты, проблемы токсичности образующихся при этом вторичных продуктов.

Ключевые слова: Фармацевтические препараты, биоосадки, методы очистки, биотрансформация.

ВВЕДЕНИЕ

Реальностью нашего времени стало наличие в природной среде широкого спектра фармацевтических препаратов и гигиенических средств (ФПГС) [1]. Источником проникновения ФПГС в природную водную среду являются экскременты людей и животных, неиспользованные или просроченные лекарства, использованные средства личной гигиены, продукты агрохимии, сельское хозяйство, в частности, животноводство [2]. Основным источником ветеринарных препаратов в природной среде являются вносимые на поля органические удобрения, а также пруды для искусственного разведения рыбы. За рубежом усилия по предотвращению загрязнения окружающей среды ФПГС находят отражение в совершенствовании природоохранного законодательства [3]. В настоящее время созданы надежные методы качественного и количественного анализа многих ФПГС и продуктов их метаболизма [4].

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

После использования, а также при выбрасывании нежелательных или просроченных лекарств ФПГС попадают в бытовые сточные воды. Некоторое количество бытовых сточных вод от домов, не подключенных к системе канализации, либо очищается в компактных сооружениях (септиках), либо не очищается вообще. Еще одним путем попадания ФПГС в почву могут быть повреждения старых канализационных труб. И хотя благодаря высокой степени разбавления и поглощения ФПГС остаются в поверхностных слоях и не проникают на большие глубины [5], не исключается, что некоторые малые количества ФПГС все-таки могут попасть в водоносные горизонты.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Основная часть ФПГС вместе со сточными водами попадает на канализационные очистные сооружения, где, в зависимости от свойств, эти вещества в той или иной степени подвергаются деструкции. Разложение может быть не полным, а образовавшиеся побочные продукты (ПП) также могут представлять опасность. Эти соединения далее либо вместе с очищенными сточными водами сбрасываются в водоемы или используются для орошения, либо в составе осадков сточных вод попадают на иловые площадки или используются в качестве удобрений. Неизбежным продуктом очистки бытовых сточных вод являются биоосадки. Выход последних оценивается, по разным регионам, в диапазоне от 10 до 38 кг (в пересчете на сухое вещество) на человека в год. В некоторых странах, например, в Англии, Финляндии, Ирландии, до 70% этих осадков вносятся на поля.

ФПГС могут просачиваться в грунтовые воды либо попадать в поверхностные воды при использовании дренажных систем. Канадские ученые исследовали процесс распространения ФПГС через осадки сточных вод с использованием красителя Родамин WT [6]. Концентрация осадка (в пересчете на сухое вещество) составляла 12 мг/л. К нему добавляли различные ФПГС, максимальная концентрация которых в дренажных водах составила от 10^1 до 10^3 нг/л. Среди веществ, концентрации которых в дренажных водах оказались выше порога определения, были: триклозан (макс. ~ 1500 нг/л), карбамазепин (макс. ~ 7 нг/л), атенолол (макс. ~ 4 нг/л). Несмотря на их присутствие в биоосадках, остальные ФПГС в дренажных водах не были обнаружены, т.е., возможно, их концентрации не достигали порога определения.

Во всех случаях возможна дальнейшая миграция ФПГС в грунтовые и поверхностные воды, почвы, донные отложения, где они могут повлиять на экосистемы. Не исключается возможность их попадания в воду, поступающую на очистные сооружения водопровода, и затем в питьевую воду [2, 5].

ФПГС (даже при концентрации на уровне 0,1 нг/л) способны воздействовать на функционирование эндокринной системы и вызывать половые нарушения у рыб, моллюсков и обитающих в воде млекопитающих. Установлены факты снижения образования икры и спермы, уменьшения количества половых клеток и возникновения тенденции полной феминизации самцов рыб, в результате воздействия содержащихся в воде ФПГС [7]. Подобные вещества, обладающие способностью биоаккумуляции, могут оказывать неожиданное влияние на нецелевые организмы. Последствия их длительного и комбинированного воздействия недостаточно изучены [8].

При сбросе в поверхностные воды сточных вод очистных сооружений сразу же происходит разбавление ФПГС до следовых концентраций (из мкг/л до нг/л). Другим потенциальным фактором ослабления действия ФПГС является их адсорбция на взвешенных частицах, осадках, коллоидных частицах и молекулах растворенных природных органических веществ. Большинство ФПГС можно характеризовать как полярные, водорастворимые вещества с низкой летучестью, что обуславливает их мобильность в окружающей среде и умеренную сорбцию на отложениях и осадках.

ФПГС и ПП в воде могут также подвергаться биологическим, химическим и физико-химическим превращениям, несмотря на то, что разработчики стремятся сделать их химически стабильными и не подверженными микробиологической деструкции. **Ошибка! Закладка не определена.** [1]. В поверхностных водах возможна прямая и косвенная фотодеструкция, в результате которой вероятной реакцией является удаление абиотических ФПГС и ПП [5].

Фотодеструкция многих ФПГС может осуществляться прямо - путем поглощения солнечной энергии, или косвенно - через радикалы, образующиеся при облучении фотосенсибилизаторов, таких, как нитраты, гуминовые кислоты и т.д. Фоторазложение зависит также от интенсивности солнечного облучения, эвтрофных и климатических условий, глубины водоема, состава органического вещества и сезона. Так, например, в искусственных условиях удалось усилить косвенную фотодеструкцию карбамазепина за счет взаимодействия с коллоидным железом Fe(III) и Cl⁻-ионами [9]. Фактически

фотодеструкция, как и биоразложение, лимитируются адсорбцией ФПГС и ПП на твердых частицах, образованием комплексов с растворенными органическими соединениями, проникновением в почву и т.д. Сорбция зависит от физико-химических свойств поглощаемых веществ и сорбентов, структуры и состава почвы, осадков и примесей воды.

В 1996 году Роджерсом [10] была предложена классификация мобильности органических веществ в окружающей среде, основанная на их коэффициенте распределения между водой и октанолом K_{ow} . Согласно этой классификации, при $\lg K_{ow} < 2.5$ - низкая сорбция, $2.5 < \lg K_{ow} < 4$ - средняя, $\lg K_{ow} > 4$ - высокая (табл.1). Как видно из табл.1, большинство медицинских препаратов, включая контрастные вещества, обладают низкой сорбционной способностью, и, следовательно, высокой мобильностью, и потому более вероятно их попадание в питьевую воду [10]. Вещества средней мобильности могут попадать в поверхностные воды благодаря сорбции на взвешенных частицах и образованию комплексов с растворенными органическими веществами. Соединения с низкой мобильностью имеют малые шансы попадания в природные воды.

Однако данные по мониторингу природных вод в Германии и Италии, где обнаружили карбамазепин и некоторые препараты из второй группы, противоречат этой теории. Таким образом, при оценке мобильности нельзя полагаться на одно лишь значение коэффициента распределения, поскольку сорбционная способность зависит не только от гидрофобности, но и от целого ряда других факторов: электростатического взаимодействия, химических связей, сил притяжения и отталкивания между ионизированными молекулами ФП и органическими веществами, pH и т.д. Так, например, нестероидные противовоспалительные средства и регуляторы липидного обмена в большинстве обладают кислотными свойствами, в то время как гипотензивные средства, астматические, гормональные, психостимуляторы и некоторые другие - основными. Большинство антибиотиков являются амфотерными соединениями [11]. Следовательно, между ФПГС и органическими веществами возможны взаимодействия, основанные на силах притяжения-отталкивания.

МИГРАЦИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ФПГС В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ПРИ ПОПАДАНИИ

Таблица 1. Классификация сорбционной способности некоторых препаратов по их коэффициенту распределения

Table 1. Classification of the sorption capacity of some pharmaceuticals according to their n-octanol-water distribution coefficient

№	lg K _{ow}	Примеры
1	<2.5	Антациды, большинство антибиотиков, противоопухолевые препараты, атенолол, сальбутамол, контрастные средства, диуретики, аспирин, парацетомол, кодеин, кофеин, амфетамин
2	2.5 - 4	Эритромицин, олеандомицин, карбамазепин, диазепам, гормональные контрацептивы, диклофенак, ибупрофен, трамадол
3	> 4	Триклозан, амитриптилин, валсартан, индометацин, прогестерол, эстрадиол

Было замечено, что ФПГС проявляют большее сродство к катионогенным сорбентам (глинистые почвы), чем к анионогенным (песчаные почвы), обнаружено комплексообразование между катионом кальция, входящим в состав растворенных органических веществ, и тетрациклином [11].

Стойкость ФПГС в твердых материалах, таких как осадки сточных вод (биоосадки), удобрения, почвы и донные отложения, указывает, что для многих ФПГС наблюдаемое рассеивание объясняется не разложением, а образованием неэкстрагируемых соединений.

Изучение адсорбции четырех лекарственных препаратов (ацетаминофена, карбамазепина, налидиксовой кислоты и норфлоксацина) на различных природных материалах и донных отложениях показало, что вещества, имеющие высокий коэффициент распределения K_{ow}, тем не менее сорбируются хуже, чем вещества с более низким коэффициентом K_{ow}. Так, например, карбамазепин (lgK_{ow} =2,45), при pH7,6 сорбировался хуже, чем норфлоксацин (lgK_{ow} =0,43) [12]. При этом очень немногие исследования проводятся на реальных концентрациях ФПГС, что также ставит под вопрос корреляцию их результатов с процессами, происходящими в природе.

Трансформация ФПГС в процессе очистки питьевой воды пока еще недостаточно хорошо изучена. Вторичные продукты, образующиеся в процессах очистки, могут быть токсичными, а некоторые соединения не могут быть полностью удалены обычными методами водоподготовки[5,9,10]. Так, например, степень извлечения в классической схеме осветление-фильтрация-обеззараживание составляет: 98% для ацетаминофена, 88% для кофеина и 85% для карбамазепина. Правда, имеются данные о влиянии свободного остаточного хлора на снижение со

временем концентрации ФПГС в распределительной системе[13]. Показано, что ацетаминофенон и кодеин окисляются практически полностью в течение одних суток, в то время как карбамазепин и кофеин остались неизменными и после 10 суток, что подтверждает их стойкость. При этом не были изучены вторичные продукты окисления.

Следует отметить, что по вторичным продуктам, и в особенности по вторичным продуктам в питьевой воде, вообще очень мало данных. В связи с этим представляется важным проверять отсутствие в питьевой воде наиболее распространенных ФПГС, таких как карбамазепин, нестероидные противовоспалительные препараты, контрастные средства.

ВЫВОДЫ

Процессы биоразложения ФПГС - очень сложные и многостадийные, но уже разработаны модели, в первом приближении характеризующие скорость разложения и миграцию ФПГС в окружающей среде. Необходимы дальнейшие исследования распространения, миграции и трансформации ФПГС при попадании их в окружающую среду, мониторинг и моделирование этих процессов в рамках современных концепций устойчивого развития [14] и комплексной оценки экологического состояния регионов[15]. Постоянный рост содержания растворенных органических веществ в природных водах, изменения климата, вероятно, могут оказать влияние на процессы фотодеструкции, сорбции и разложения ФПГС. При разработке мероприятий по предотвращению выбросов в окружающую среду потенциально вредных веществ, воздействующих на человека и экосистемы, необходимо учитывать множество факторов. В том числе при разработке соответствующих технологий очистки необходимо изучать и учитывать влияние образующихся при

биоразложении и биотрансформации вторичных продуктов, которые зачастую являются более токсичными соединениями, чем исходные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kummerer K., 2008. Pharmaceuticals in the Environment – A Brief Summary. In: Kummerer Klaus, editor. Pharmaceuticals in the Environment Sources, Fate, Effects and Risks. 3rd ed. Berlin, Germany: Springer Verlag; 3 – 21.

2. Фармацевтические препараты и гигиенические средства в окружающей среде: пути попадания, мониторинг и методы контроля., 2012. Валкина Е., Вернези С., Николенко И.// MOTROL. - Vol.14, №1, 88 – 93.

3. FDA., 1995. Guidance for industry for the submission of an environmental assessment in human drug applications and supplements. Rockville, MD: Food and Drug Administration Centre for Drug Evaluation and Research.

4. Huang, C.-H., and Sedlak, D.L., 2001. Analysis of estrogenic hormones in municipal wastewater effluent and surface water using enzyme-linked immunosorbent assay and gas chromatography/tandem mass spectrometry. //Environ.Toxicol. Chem. – Vol. 20, 133 – 139.

5. J.B. Ellis., 2006. Pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in urban receiving waters.// Environmental Pollution. – Vol. 144, 184 – 189.

6. Lapena D.R., Toppb E., Metcalfec C.D., Lic H., Edwardsa M., Gottschalla N., Boltona P., Curnoed W., Paynee M. and Beckf A., 2008. Pharmaceutical and personal care products in tile drainage following land application of municipal biosolids. //Science of The Total Environment. – Vol.399, Iss. 1-3, 50 – 65.

7. Corcoran J., Winter M. J., Tyler C. R., 2010. Pharmaceuticals in the aquatic environment: A critical review of the evidence for health effects in fish. //Critical Reviews in Toxicology. – №. 40(4), 287 – 304.

8. Николенко И.В., Валкина Е.М., Вернези С.А., 2012. Оценка экологических рисков вследствие воздействия низких уровней ФПГС.// Пищевая наука и технология. - №18, 101 – 103.

9. Chiron S, Minero C, Vione D., 2006. Photodegradation processes of the antiepileptic drug carbamazepine, relevant to estuarine waters.// Environ Sci Technol. - Vol. 40, 5977–83.

10. Rogers HR., 1996. Sources, behaviour and fate of organic contaminants during sewage treatment and in sewage sludges. //Sci Total Environ. - №185, 3 – 26.

11. Kemper N., 2008. Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment.// Ecol Indicat - №8, 1 – 13.

12. Hari A, Paruchuri R, Sabatini D, Kibbey T. G., 2005. Effects of pH and cationic and nonionic surfactants on the adsorption of pharmaceuticals to a natural aquifer material.// Environ Sci Technol. - №39, 2592 – 8

13. Gibs J, Stackelberg PE, Furlong ET, Meyer M, Zaugg SD, Lippincott RL., 2007. Persistence of

pharmaceuticals and other organic compounds in chlorinated drinking water as a function of time. //Sci Total Environ. - №37, 2420 – 9.

14. Pawłowski L., 2011. Idea zrównoważonego rozwoju - realna szansa na rozwój czy utopia// MOTROL. - № 13, 249 – 257.

15. Губская У., Захаров Р., 2012. Концепция математической модели комплексной количественной оценки экологического состояния орошаемых территорий.// MOTROL. - Vol.14, №6, 201 - 206.

PPCP MIGRATION AND TRANSFORMATION IN THE ENVIRONMENT ASSOCIATED WITH THEIR ENTRY INTO THE SOIL WITH SEWAGE SLUDGE

Summary. Pharmaceuticals and personal care products (PPCP) are common environmental pollutants. The article examines the migration and transformation of PPCP in the environment after they enter soil with sewage sludge or water bodies with effluent discharge. The problems of toxicity in created secondary products are also considered.

Key words: Pharmaceuticals, sewage sludge, treatment methods, biotransformation

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОСМЕШИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В СР-ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

Юрий Гербер, Галина Кутина

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет».

Адрес: Украина, АР Крым, г. Симферополь, пгт. Аграрное

e-mail: kaf-meh@rambler.ru

Аннотация. Приведены результаты аналитических исследований процесса подогрева молока при производстве кисломолочных продуктов с использованием устройства для одновременной подачи теплоносителя в рубашку технологической емкости, и в трубчатую мешалку. В схему работы термо-смешивающей системы включена комплексная энергозамещающая установка (КЭУ). Получены зависимости для определения основных конструктивных параметров системы.

Ключевые слова: термо-смешивающая система, трубчатая мешалка, комплексная энерго-замещающая установка.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее энергозатратных этапов в линиях производства молочных продуктов, в частности сметаны, кефира, ряженки является процесс заквашивания. Указанный процесс, с точки зрения технико-технологического обеспечения, исследовался учеными М.Ю. Меркуловым, В.Д. Косым, Ю.А. Мачихиным, Н.А. Роговым. Критериями оптимизации заквашивания определены качество готового продукта и энергетические затраты на его производство. Как было установлено указанными исследователями, основные факторы, влияющие на оба критерия оптимизации на этапе заквашивания – это вид и качественные показатели закваски, температура, продолжительность процесса, режимно-конструктивные параметры перемешивающего устройства. Оптимальный подбор режимов работы оборудования дает возможность сократить расход энергии на 18–20%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Особенность заквашивания в линиях переработки молока состоит в том, что необходимо параллельно осуществлять несколько процессов, в частности подогрев и перемешивание заквашиваемого продукта в требуемом технологией диапазоне значений.

Ограничительными факторами параметров процесса являются:

- максимальная и минимальная допустимые температуры заквашивания t_{min} и t_{max} , которые обусловлены технологическими требованиями к изготовлению конкретного молочного продукта;

- максимальная частота вращения перемешивающего рабочего органа ограничена необходимостью сохранения структуры производимого продукта (превышение допустимого режима

приводит к разрушению структуры готового продукта);

- равномерность температуры по всему объему заквашиваемого продукта.

Успех проведения заквашивания заключается в синхронном обеспечении подогрева и перемешивания молочного продукта. Для обеспечения подогрева заквашиваемого молока предлагается использовать в конструкции технологической емкости подачу теплоносителя параллельно двумя потоками: в рубашку нагрева (охлаждения), а также в перемешивающий рабочий орган в виде трубчатой рамы. Для подогрева теплоносителя предлагается использовать комплексную энергозамещающую установку (КЭУ), включающую блок гелиоколлекторов, а также тепловые электрические нагреватели (рис.1). В солнечные дни подогрев теплоносителя осуществляется только с помощью солнечной энергии, в условиях недостаточной солнечной активности подогрев проводится с помощью электрической энергии. Так как температурный диапазон заквашивания молочных продуктов лежит в пределах 30...40°C, тепловой энергии, полученной гелиоколлекторами КЭУ вполне достаточно для нагрева теплоносителя. Температура нагрева воды в гелиоколлекторе в весенне-летний период составляет 55...65°C и выше.

Определение площади поверхности трубчатой меевиковой мешалки

Общее количество теплоты, которую необходимо передать продукту, находящемуся в заквасочнике, выражается известной в термодинамике формулой:

$$Q_{общ} = M_3 \cdot c \cdot (t_{ск} - t_n), \quad (1)$$

где M_3 - масса молока, заквашиваемого в емкости; c - теплоемкость продукта; $t_{ск}$ - температура сквашивания продукта; t_n - начальная температура продукта, подаваемого в емкость для заквашивания.

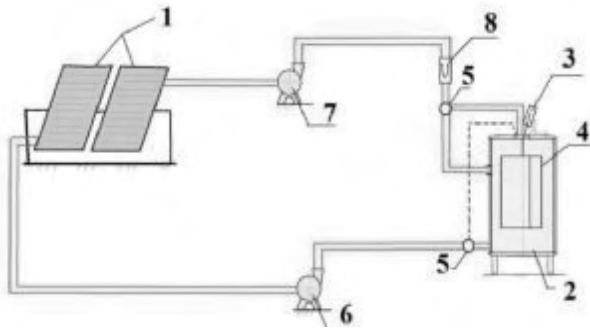


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для определения параметров термосмешивающей системы: 1 – гелиоколлектор; 2 – резервуар; 3 – мотор-редуктор; 4 – рамная мешалка; 5 – тройник; 6,7 – насосы; 8 – ТЭНы.

Fig.1. Chart of the experimental setting for determination of parameters of a warmth system: 1 – sun collector; 2 – is a reservoir; 3 – is a motor-reducing gear; 4 – is a frame mixer; 5 – is a branch box; 6,7 – are pumps; 8 – electric heater.

Учитывая особенность конструкции, указанной выше, количество теплоты можно представить как:

$$Q_{общ} = Q_3 + Q_M, \quad (2)$$

где Q_3 – количество теплоты, передаваемое через поверхность стенки заквасочника; Q_M – количество теплоты, передаваемое через трубчатый змеевик перемешивающего устройства.

Подвод тепла через стенку емкости путем теплопроводности выразим уравнением:

$$Q_3 = \frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot F_3 \cdot (t_{ст}^1 - t_{ст}), \quad (3)$$

где λ_1 – теплопроводность стенки емкости; δ_1 – толщина стенки емкости; F_3 – общая площадь поверхности внутренней стенки емкости; $t_{ст}^1$ – температура стенки емкости со стороны теплоносителя; $t_{ст}$ – температура стенки емкости со стороны продукта.

Конвективный перенос теплоты от стенки к продукту:

$$Q_{3l} = \alpha_1 \cdot F_3 \cdot (t_{ст} - t_n), \quad (4)$$

где t_n – температура продукта.

Для установившегося режима $Q_{3l} = Q_3$. Подвод тепла через стенку трубчатой мешалки:

$$Q_M = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \cdot F_M \cdot (t_{ст1}^1 - t_{ст1}), \quad (5)$$

где λ_2 – теплопроводность стенки трубчатой мешалки;

δ_2 – толщина стенки трубчатой мешалки;

$t_{ст1}^1$ – температура стенки трубчатой мешалки со стороны теплоносителя;

$t_{ст1}$ – температура стенки трубчатой мешалки со стороны продукта.

Конвективный перенос от стенки трубчатой мешалки продукту:

$$Q_{Ml} = \alpha_2 \cdot F_M \cdot (t_{ст1} - t_n). \quad (6)$$

Для установившегося режима $Q_M = Q_{Ml}$. Подставляя уравнения (4) и (6) в равенство (3), получим:

$$Q_{общ} = \frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot F_3 \cdot (t_{ст}^1 - t_{ст}) + \frac{\lambda_2}{\delta_2} \cdot F_M \cdot (t_{ст1}^1 - t_{ст1}). \quad (7)$$

Учитывая формулу (2) для определения общего количества теплоты, получим:

$$M_3 \cdot c \cdot (t_{ск} - t_n) = \frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot F_3 \cdot (t_{ст}^1 - t_{ст}) + \frac{\lambda_2}{\delta_2} \cdot F_M \cdot (t_{ст1}^1 - t_{ст1}), \quad (8)$$

Решая уравнение относительно площади поверхности трубчатой мешалки, получим:

$$F_M = \frac{[M_3 \cdot c \cdot (t_{ск} - t_n) - \frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot F_3 \cdot (t_{ст}^1 - t_{ст})] \cdot \delta_2}{\lambda_2 \cdot (t_{ст1}^1 - t_{ст1})}. \quad (9)$$

Полученное уравнение отражает зависимость площади поверхности трубчатой мешалки с одновременным нагревом сквашиваемого кисломолочного продукта от основных параметров термосмешивающей системы: объема емкости для сквашивания, площади поверхности внутренней стенки заквасочника, толщины стенок емкости и трубчатой мешалки, температурного режима различных зон термосмешивающей системы.

Определение частоты вращения рабочего органа

термосмешивающей системы

Основным режимным параметром работы термосмешивающей системы является частота

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОСМЕШИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

вращения рабочего органа. Как указано выше, верхний предел указанного параметра ограничен, так как его превышение повлечет за собой нарушение структуры продукта. Минимум частоты вращения ограничен необходимостью равномерного распределения температуры по всему объему заквасочника за минимальный интервал времени.

Продолжительность перемешивания сквашиваемого продукта в емкости может быть выражена зависимостью:

$$\tau = \frac{C_\tau}{n}, \quad (10)$$

где C_τ - константа, зависящая от типа мешалки; n - частота вращения мешалки, c^{-1} .

Количество теплоты, передаваемое продукту через стенку заквасочника посредством теплоотдачи по закону Ньютона [1]:

$$dQ_3 = \alpha_1 \cdot F_3 \cdot d(t_{cm} - t_n) \cdot dt, \quad (11)$$

где t_{cm} - температура стенки емкости; t_n - температура продукта; α_1 - коэффициент теплоотдачи от стенки емкости.

Обозначив $t_{cm} - t_n = \Delta t$, приведенное выражение можно представить в следующем виде, относительно времени протекания процесса:

$$dt_1 = \frac{1}{\alpha_1 \cdot F_3} \cdot \frac{d[Q_3(t)]}{d\Delta t}, \quad (12)$$

Интегрируя полученное выражение, найдем время перемешивания для случая, когда подвод тепла производится только через стенку емкости:

$$\tau_1 = \frac{1}{\alpha_1 \cdot F_3} \cdot \int \frac{d[Q_3(t)]}{dt}. \quad (13)$$

Подставим полученное выражение в формулу (10) и решим его относительно частоты вращения n :

$$n = \frac{c_\tau \cdot \alpha_1 \cdot F_3}{\int \frac{d[Q_3(t)]}{dt}}. \quad (14)$$

Полученное выражение может быть использовано для определения частоты вращения трубчатой мешалки в случае, если подвод теплоносителя осуществляется только через стенку емкости.

Для условия подвода теплоносителя внутрь трубчатой мешалки, аналогично предыдущему случаю найдем время перемешивания:

$$\tau_2 = \frac{1}{\alpha_2 \cdot F_M} \cdot \int \frac{d[Q_M(t)]}{dt}. \quad (15)$$

Для случая одновременного подвода теплоносителя двумя путями, как указано выше:

$$d(Q_M + Q_3) = \alpha_1 \cdot F_3 \cdot dt \cdot d\tau + \alpha_2 \cdot F_M \cdot dt \cdot d\tau$$

$$dQ_{общ} = (\alpha_1 \cdot F_3 + \alpha_2 \cdot F_M) \cdot dt \cdot d\tau, \quad (16)$$

Выразим из (16) $d\tau$:

$$d\tau = \frac{1}{(\alpha_1 \cdot F_3 + \alpha_2 \cdot F_M)} \cdot \frac{d[Q_M(t)]}{dt}$$

После интегрирования, аналогично приведенным выше рассуждениям, получим:

$$\tau = \frac{1}{(\alpha_1 \cdot F_3 + \alpha_2 \cdot F_M)} \cdot \int \frac{d[Q_M(t)]}{dt}$$

Тогда частота вращения рабочего органа с учетом предлагаемой конструкции термосмешивающей установки:

$$n = \frac{c_\tau \cdot (\alpha_1 \cdot F_3 + \alpha_2 \cdot F_M)}{\int \frac{d[Q_M(t)]}{dt}}. \quad (17)$$

Определение площади гелиоколлекторов для нагрева молочного

сырья при заквашивании

Как указано выше, использование энергозамещающего устройства, включающего солнечные коллекторы, позволит снизить затраты на производство готовой продукции, а также улучшить экологическую обстановку, за счет снижения сжигаемого топлива и выбросов продуктов сгорания в атмосферу.

Количество теплоты, необходимое для подогрева молочного сырья в емкости для заквашивания с учетом конструктивных и режимных параметров установки, а также основных законов термодинамики можно определить по формуле (8). В то же время количество теплоты, получаемое от гелиоколлекторов можно выразить уравнением [2]:

$$Q_{k3} = F_R \cdot (\alpha \cdot \tau_k) \cdot v_{om} \cdot F_k [1 - \frac{U \cdot (T_{bx} - T_o)}{(\alpha \cdot \tau_k) \cdot F_k}] \quad (18)$$

где F_R - коэффициент отвода теплоты от коллектора; $\alpha \cdot \tau_k$ - приведенная поглощающая способность солнечного коллектора; F_k - суммарная энергопоглощающая площадь гелио-коллектора; v_{om} - относительная скорость теплоносителя и продукта в секции предварительного нагрева, $v_{om} = v_{nn} + |v_k|$, здесь v_{nn} - скорость теплоносителя, v_k - скорость перемещения продукта; U - приведенный коэффициент тепловых потерь коллектора, Вт/(м²·К); τ_k - количество гелиоколлекторов в КЭУ; T_{bx} и T_o - температуры окружающей среды и теплоносителя на входе в коллектор.

Раскрываем скобки, и произведя сокращения получим:

$$Q_{k3} = F_R \cdot (\alpha \cdot \tau_k) \cdot v_{om} \cdot F_k - F_R \cdot v_{om} \cdot \frac{U \cdot (T_{bx} - T_o)}{1}$$

Выразим площадь коллекторов F_k :

$$F_k = \frac{Q_{kz}}{F_R(\alpha \cdot \tau_k) \cdot v_{io}} + \frac{U \cdot (T_{\text{до}} - T_o)}{(\alpha \cdot \tau_k)} \quad (19)$$

Подставляя вместо Q_{kz} выражение (7), учитывая что $Q_{kz} = Q_{\text{общ}}$ получим аналитическую зависимость, связывающую площадь гелио-коллекторов с конструктивно-режимными пара-метрами термосмешивающей системы:

$$F_k = \frac{\frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot F_3 \cdot (t_{\text{ст}}^1 - t_{\text{ст}}) + \frac{\lambda_2}{\delta_2} \cdot F_m \cdot (t_{\text{ст}}^1 - t_{\text{ст}})}{F_R(\alpha \cdot \tau_k) \cdot v_{\text{от}}} + \frac{U \cdot (T_{\text{вх}} - T_o)}{(\alpha \cdot \tau_k)} \quad (20)$$

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований получены аналитические зависимости для определения следующих параметров термосмешивающей системы в линиях переработки молока:

- площади поверхности трубчатой мешалки, с учетом конструктивных параметров емкости;
- частоты вращения трубчатой мешалки с учетом площади поверхности емкости и мешалки, а также температурного градиента системы;
- суммарной площади гелиоколлекторов комплексной энергозамещающей установки с учетом приведенной поглощающей способности солнечного коллектора, коэффициента отвода теплоты.

2. Полученные зависимости положены в методику инженерного расчета термосмешивающей системы в технологических линиях производства кисломолочных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбатюк В.И., 1999. Процессы и аппараты пище-вых производств. – М: Колос. - 335.
2. Ревякина Ю., Стоянов В., 2012. Экспериментальные исследования влияния температурных режимов на эффективность процесса регенерации воздуха // MOTROL. – Vol. 14, № 6, 227 - 231.
3. Субботкин Л., Копачевский А., Денисова А., 2012. Исследование процессов физико-химической очистки сточных вод молочных заводов // MOTROL. – Vol. 14, № 6, 183 - 189.
4. Повышение эффективности работы тонкослойного отстойника, 2012./ Эпоян С., Сыроватский А., Карагяур А., Бабенко С. // MOTROL. – Vol. 14, № 6, 247 - 251.
5. Полянский К.К., Родионова Н.С., 1995. Экологически чистая технология новых молочных продуктов. - М.: Молочная промышленность. - № 5, 20–21.
6. Теплотехнический справочник., 1975. Под ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева Том 1, - М.: Энергия. - 743.
7. Томбаев Н.И., 1972. Оборудование предприятий молочной промышленности: Справочник, – М.: Пищевая промышленность. - 542.

8. Большаков О.В., 1998. Проблемам здорового питания – государственный статус// Молочная промышленность. – № 2, 4.

9. Бредихин С.А., 2003. Технология и техника переработки молока/ С.А. Бредихин, Ю.В. Космодемьянский, В.Н. Юрин. – М.: Колос. – 400.

10. Гаврилова Н.Б., 1996. Биотехнические основы производства комбинированных кисломолочных продуктов// Автореф. ... докт. диссерт.- Кемерово, КемТИПП. – 39.

11. Гербер Ю.Б., 2000. Методика сравнительного анализа экономической эффективности тепловых технологических процессов/ А.А. Завалий, О.В. Носковский// Сб. науч. работ Крымского гос. аграрного ун-та. –235.

12. Гербер Ю.Б., 2009. Совершенствование технологии приготовления кисломолочных продуктов на примере кефира/ Ю.Б. Гербер, А.В. Гаврилов, В.А. Маньшина// Наук. пр. ПФ НУБіП «КАТУ». Технічні науки. - Вип. 123, 116 – 122.

13. Голубева Л.В., 2004. Современные технологии и оборудование для производства питьевого молока/ Л.В. Голубева, А.Н. Пономарев. - М.: Дели Принт. – 179.

14. Иванец В.Н., 2000. Аппараты с перемешивающими устройствами/ В.Н. Иванец, В.Н. Зайцев. – КемТИПП, Кемерово. – 125.

RATIONALE FOR THE PARAMETERS OF TERMOSMESHIVAYUSCHEY IN CP-MILK PROCESSING TECHNOLOGY

Summary. The results of analytical researches of hot-process milk are resulted at the production of sour-milk products with the use of device for the simultaneous serve of teplonositelya in the shirt of technological capacity, and in a tubular mixer. The complex energy renewal setting is plugged in the chart of work of the thermo-mixing up system (KEU). Dependences are got for determination of basic structural parameters of the system.

Key words: thermo-mixing up system, tubular mixer, complex energydeputizing setting.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ТЭНСИЛАНД»

Александр Дмитриев

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: pk@napks.edu.ua

Аннотация: Представлены результаты оптимизация состава тяжелого мелкозернистого бетонов с применением добавки VIBROPOR. Установлены параметры прочностных характеристик оптимизированного состава.

Ключевые слова: цемент, бетон, прочность, добавки, состав

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Украине происходит возрождение сборного предварительно напряженного железобетона. Во времена бывшего СССР в Украине использовали 45-50 млн. м³ железобетона в год, из них 25-30 млн. м³ сборного и выше 6 млн. м³ предварительно напряженного. В последнее время широкое распространение получил монолитный железобетон. Необходимо сбалансированное соотношение между сборным и монолитным железобетоном. Сборный железобетон должен сохранять преимущественное положение там, где имеется развитая база строительства.

Во многих странах Европы широкое распространение получили предварительно напряженные многопустотные плиты перекрытий,

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Производство «Тэнсиланд» представляет собой бетонный полигон с металлическим покрытием, разделенный на 8 формовочных дорожек, ограниченных рельсами для перемещения технологического оборудования.

Каждая формовочная дорожка служит поддоном для непрерывного формования плит и балочных железобетонных изделий. Рабочая длина дорожек 99 м. Под металлическим полотном дорожек размещены нагревательные элементы, предназначенные для подогрева поддона и передачи тепла к свежесформованному изделию, что ускоряет процесс набора прочности бетона.

По торцам дорожек расположены упоры для крепления концов высокопрочной проволоки, применяемой для армирования железобетонных изделий.

изготавливаемые экструзионным способом. Технология обладает многими преимуществами по сравнению с технологией монолитного железобетона и традиционной для Украины технологией производства сборных плит перекрытия.

Технология производства почти полностью автоматизирована и позволяет получать изделия с идеальными геометрическими размерами.

Для производства многопустотных плит перекрытия экструзионным способом применяется жесткие бетонные смеси с подвижностью П1, арматурная проволока Вр-II диаметром 5 мм. Изготавливаемые плиты отвечают техническим условиям ТУ У26.6.-01267308-002:2008 . «Плиты пустотные непрерывного формования».

За упорами, расположенными в начале дорожек, установлены кассеты бухт проволоки, и находятся гидравлические устройства для натяжения проволоки. За упорами, расположенными в конце дорожек, имеется зона для выхода оборудования, его мойки и технического обслуживания. В этой зоне устроены канаты и отстойники для сбора отходов производства и очистки воды перед сбросом в канализацию. Подача бетона на линию осуществляется с бетоносмесительного узла через ленточный конвейер и раздаточную бадью.

Технологический процесс начинается с чистки и смазки одной из формовочных дорожек. Затем машиной для раскладки проволоки производится разматывание проволок из бухт и ее предварительное раскладывание по все длине дорожки. После раскладывания необходимого количества проволок производится их поочередное натяжение с помощью гидравлического натяжителя pistolетного типа. Концы проволоки фиксируются

в упорах цанговыми зажимами. После окончания процесса натяжения арматурной проволоки, не позже 15-20 мин. Начинается процесс формовки железобетонных плит.

С помощью мостового крана на начало дорожки устанавливается формующая машина «Тэнсиланд». С барабана тяговой лебедки, находящийся в машине, сматывается трос. Его конец закрепляется за анкерный якорь, расположенный в другом конце дорожки. В бункер формующей машины загружается бетон, включается тяговая лебедка и вибратор и начинается процесс формования изделия на всю длину дорожки.

После окончания формовки машина устанавливается краном на пост мойки и производится тщательная мойка бункера и

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМОВОЧНЫМ ДОРОЖКАМ

Покрытие формовочных дорожек (стальной лист) служит поддоном для формируемых изделий, поэтому его конструкция и качество должны удовлетворять требованиям ГОСТ 25781-83 «Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Технические условия».

Конструкция и качество покрытия формовочных дорожек должно обеспечивать изготовление плит с необходимой точностью в пределах допусков, установленных техническими условиями и рабочими чертежами.

На рабочей поверхности листового покрытия не допускаются загрязнения, раковины, трещины и другие дефекты. Перепад листов в месте стыка не должен превышать 1 мм. Сварные швы должны быть зачищены заподлицо с рабочей поверхностью. Шероховатость зачищенной поверхности шва Ra должна быть не более 40 мкм/Rz не более 160 мкм. Отклонения от плоскостности рабочей поверхности поддона шириной 1200 мм. Не должны превышать по длине:

до 2500 мм- 3мм,

2500...4000- 4 мм,

4000...8000-5мм,

8000...16000 -10мм.

БЕТОННАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

прессформ машины струей воды под высоким давлением. Дорожка со свежесформованными изделиями накрывается защитным покрывалом и производится термообработка отформованных изделий согласно заданному режиму. После достижения бетоном требуемой прочности (75 %) производится резка на изделия заданной длины. Резка выполняется специальной резательной машиной, оснащенной высокопрочным отрезными дисками с алмазным напылением. Готовые изделия, мостовым краном, укладываются на тележку и вывозятся на склад готовой продукции. Готовая продукция транспортируется на склад на вывозной тележке.

Для производства многпустотных плит перекрытия экструзионным способом применяется мелкозернисты жесткие бетонные смеси с подвижностью.

Мелкозернистые бетоны характеризуются наибольшей крупностью заполнителей 10 мм и менее, для приготовления бетонной смеси применяются гранитные и диоритные щебни фракцией 5-10 мм, комплексная добавка «VIBROPOR», производства фирмы Stachema – добавка для вибропрессованного бетона, песок с модулем крупности -1,46 (Запорожское месторождение), в качестве вяжущего материала используется портландцемент М500 активность цемента определяется по ГОСТ 310.4-81.

ТЯЖЕЛЫЕ БЕТОНЫ

Для приготовления тяжелых бетонов применяют обычный портландцемент и его разновидности: быстротвердеющий, пластифицированный и пуццолановый, шлакопортландцемент и др. Для затвердения бетонной смеси и поливки бетона используют, как правило, питьевую или природную воду, не содержащую вредных примесей, которые препятствуют нормальному твердению бетонов (сульфаты, кислоты, жиры, сахар, растительные масла и др.).

В качестве мелкого заполнителя используют природный песок крупностью от 0,14 до 5 мм или искусственные пески, получаемые при дроблении шлака, керамзита, аглопорита. Качество песка характеризуется его зерновым (гранулометрическим) составом и наличием вредных примесей (глинистых, пылевидных частиц

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ТЭНСИЛАНД»

и органических примесей). Природные пески по гранулометрическому составу подразделяются на крупный, средний, мелкий и очень мелкий. Для приготовления тяжелого бетона главным образом используют крупные и средние пески с содержанием пылевидных и глинистых частиц не более 3% по массе.

Крупным заполнителем служит гравий или щебень из горных пород, реже — шлаковый или кирпичный щебень. Гравий — это смесь каменных зерен округлой формы, образовавшихся в результате естественного разрушения твердых горных пород. По крупности зерен гравий разделяют на фракции: 5...10, 10...20, 20...40 и 40...70 мм.

Щебень — рыхлая смесь искусственно дробленых горных пород, кирпича или шлака крупностью зерен от 5 до 70 мм. В отличие от гравия для щебня характерна остроугольная форма и шероховатая поверхность зерен, и поэтому сцепление его с цементно-песчаным раствором значительно лучше, чем у гравия.

Качество щебня и гравия характеризуется зерновым составом, содержанием вредных примесей, прочностью и морозостойкостью. По размеру зерен щебень делится на те же фракции, что и гравий. Выбор соответствующей фракции крупного заполнителя зависит от назначения бетона и вида конструкции, в которую его укладывают. Содержание вредных примесей в крупных заполнителях не должно превышать 1% по массе.

Природные заполнители или инертные материалы, как правило, в местах добычи обогащают, т. е. промывают для удаления пылевидных глинистых и других примесей, затем дробят и сортируют по фракциям. Обогащение инертных снижает расход цемента. Транспортируют заполнители железнодорожным и автомобильным транспортом, а хранят на специальных открытых и закрытых складах. При этом должно быть исключено смешивание заполнителей разных пород и фракций.

Свойства бетонной смеси. Бетонной смесью называют рационально подобранную и тщательно перемешанную смесь вяжущего вещества, заполнителей — песка и щебня или гравия, воды и в необходимых случаях добавок (пластификаторов и ускорителей твердения). При затвердевании бетонной смеси образуется искусственный камень — бетон. Свежеприготовленная бетонная смесь должна обладать необходимой пластичностью и подвижностью.

Пластичность — способность бетонной смеси плотно заполнять форму бетонируемого изделия без расслаивания на отдельные составляющие, характеризует внутреннюю связность смеси.

Подвижность бетонной смеси оценивают величиной осадки конуса, см, отформованного из данной смеси, под действием собственной массы. Величину осадки измеряют обычной линейкой. По осадке конуса бетонные смеси делят на жесткие и особо жесткие, не дающие осадки, малоподвижное с осадкой 1—3 см, подвижные с осадкой 4—15 см, литые с осадкой более 15 см. Необходимо отметить, что жесткие смеси являются более экономичными по расходу цемента. Подвижность бетонной смеси зависит не только от количества цемента, но и от его вида, а также от количества воды, крупности и формы зерен заполнителей и от наличия в смеси пластифицирующих добавок. Применение органической пластифицирующей добавки — сульфитно-дрожжевой бражки в количестве 0,15—0,25% массы цемента — обеспечивает при заданной подвижности бетонной смеси снижение водопотребности смеси на 8—12% и снижение расхода цемента на 7—10%. Свойства бетонной смеси обеспечиваются правильным подбором состава бетона.

Подбор состава бетона заключается в определении весового соотношения составляющих материалов (цемента, воды, песка, щебня или гравия) для получения бетона заданной прочности и бетонной смеси необходимой удобоукладываемости и связности при наименьшем расходе цемента. Состав бетона заданных характеристик подбирают в лабораториях путем расчета и уточняют по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов размером 20 X 20 X 20 см на сжатие через 28 сут нормального твердения. Состав выражают соотношениями между цементом и заполнителями по массе.

Количество цемента принимают за единицу. Эти соотношения записывают в виде Ц : П : Г (цемент : песок : гравий). Содержание воды указывается в виде водоцементного отношения В/Ц. Например, состав бетона может быть записан 1:2:4 при В/Ц = 0,5 и расходе цемента 300 кг/м³ бетона. Тяжелый бетон применяют в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве, оценивают пределом прочности при сжатии и пределом прочности на растяжение при изгибе, являющимися основными характеристиками его механических свойств. При подборе состава

бетон следует учитывать, что кроме прочности необходимо обеспечить и другие его основные свойства: плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, огнестойкость, усадку и расширение, стойкость против коррозии и др.

Плотность и водонепроницаемость бетона зависят от наличия в объеме бетона пор, образовавшихся в результате испарения излишней, не вступившей в химическую реакцию с цементом воды, а также в результате неполного удаления воздушных пузырьков при уплотнении бетонной смеси. Плотность бетона повышается с уменьшением водоцементного отношения и применением пластифицирующих добавок, а также за счет тщательного уплотнения бетонной смеси. Плотность обычного тяжелого бетона не должна быть ниже 94%. С повышением плотности бетона возрастают его прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и стойкость против коррозии.

Водонепроницаемость бетона характеризуется степенью водонепроницаемости, т. е. величиной наименьшего давления воды, при котором она не просачивается через бетонный образец. По водонепроницаемости бетоны делятся на марки В2, В1, В6, В8, В10 и В12, где цифры показывают величину давления воды в атмосферах.

Морозостойкость — способность бетона выдерживать без разрушения многократное попеременное замораживание и оттаивание. Тяжелые бетоны по морозостойкости делятся на семь марок: Мрз 50, 100, 150, 200, 300, 400 и 500. Цифры обозначают количество циклов замораживания.

Огнестойкость. Бетон является огнестойким материалом, но при продолжительном воздействии температур до 200 °С наблюдается снижение прочности бетона на 25—30%. При повышении температуры до 500 °С бетон разрушается.

Усадка и расширение бетона. Необходимо знать, что бетон при твердении дает усадку около 0,15 мм на 1 м длины конструкции; при твердении в воде в массивных конструкциях происходит незначительное расширение.

Коррозия бетона — способность бетона разрушаться под воздействием проникающих в толщу бетона агрессивных веществ, которые вступают в обменные реакции с составляющими цементного камня. При постоянной фильтрации

воды через трещины и поры бетона вымываются растворимые вещества и процесс разрушения ускоряется. Для защиты от коррозии на поверхности бетона, соприкасающиеся с агрессивной средой, наносят специальные покрытия (обмазку битумом, оклейку рубероидом, покрытие жидким стеклом или полимерными пленками). Стойкость бетона против коррозии повышается также при использовании пуццоланового портландцемента, глиноземистого и кислотостойкого цемента.

Специальные виды тяжелых бетонов. К специальным бетонам относят гидротехнические, дорожные, кислотоупорные, жаростойкие и бетоны для защиты от радиоактивных воздействий.

Все перечисленные виды бетонов отличаются от обычных подбором состава вяжущих и заполнителей, а также введением добавок.

Гидротехнический бетон отличается повышенной плотностью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, стойкостью против коррозии. Приготавливают его на сульфатостойком и пуццолановом портландцементе с применением высококачественных заполнителей и введением тонкомолотых гидравлических и инертных добавок, а также пластифицирующих и гидрофобных добавок (с. д. б., мылонафт).

Дорожный бетон должен обладать теми же свойствами, что и гидротехнический, плюс повышенной износостойкостью. Для его приготовления используют пластифицированный или гидрофобный портландцемент, а в качестве крупного заполнителя — гранитный щебень.

Кислотоупорный бетон специального назначения служит для облицовки аппаратуры на предприятиях химической промышленности. Приготавливают его на кислотоупорном цементе и кислотостойких заполнителях (кварцит или андезит) и затворяют жидким стеклом.

Жаростойкий бетон отличается способностью сохранять первоначальную прочность при температурах до 1580 °С. Для его приготовления используют глиноземистый цемент, портландцемент, шлакопортландцемент и жидкое стекло с добавкой кремнефтористого натрия. Заполнителями служат металлургические шлаки, бой керамических и огнеупорных материалов, базальт, диабаз

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА

Правильный подбор состава является важнейшим мероприятием технологии бетона. Цель этой операции — получение бетона, удовлетворяющего заданным техническим требованиям при принятой технологии и наиболее экономичного по составу, т. е. бетона заданной марочной прочности при определенной удобоукладываемости смеси с использованием имеющихся материалов (щебень, гравий, песок, цемент). Обычно экономичность обеспечивается минимальным расходом цемента.

Может решаться и обратная задача: при заданном расходе цемента подобрать состав, который при принятой технологии обеспечит получение максимальной прочности бетона.

Подбор состава бетона осуществляется в соответствии с ГОСТ 27006-86. Предварительный расход компонентов бетона производится расчетным методом абсолютных объемов по формулам Скрамтаева-Боломея на основании определенного оптимального соотношения мелкого к крупному заполнителю. Корректировка составов по подвижности и прочности производится на пробных замесах. При приготовлении бетонных смесей производится массовое дозирование сыпучих компонентов (цемент, песок, щебень) и объемное дозирование воды. Перед применением мелкий и крупный заполнитель высушивают в сушильном шкафу. Добавку вводят с водой затворения в количестве, рекомендуемом производителем добавки. Погрешность дозирования не превышает 1%. Подвижность бетонной смеси определяли по осадке конуса согласно ДСТУ БВ. 2.7-114-2000.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕТОНА

Для исследования влияния вида добавок на свойства бетонной смеси готовили бетонные смеси на ПЦ М 500 и речном песке при постоянном В/Ц с количеством добавки, регламентированным производителем (по паспорту). Результаты представлены в табл. 2.

На основании полученных экспериментальных данных, были разработаны составы бетонов на ПЦ М500. Количество воды подбиралось с учетом требуемой подвижности бетонной смеси.

Бетонные образцы формовали в форме кубов с размером ребра 100 мм в металлических формах. Уплотнение образцов-кубов производилось на лабораторной виброплощадке с частотой колебаний 3000 кол/мин и амплитудой колебаний 0,5 мм с прессующим усилием 0,11 кгс/см.

Твердение образцов-кубов производили в камере тепловлажностной обработки (ТВО), а также в камере нормального твердения в течение 28 сут. Режим ТВО принимали следующий: предварительное выдерживание -2 ч, подъем температуры до 60 °С - 6 ч, изотермическая выдержка образцов при температуре 60 °С - 7 ч, снижение температуры - свободное.

Прочность бетона определяли по ГОСТ 10180 – 78. Показатели предела прочности при сжатии бетона определяли после ТВО, в возрасте 28 сут нормального твердения и в возрасте 28 сут после ТВО, а также после тепловлажностной обработки. Плотность бетона определяли по ГОСТ 1273.1 - 78.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ, СООТНОШЕНИЯ МЕЛКОГО К КРУПНОМУ ЗАПОЛНИТЕЛЮ И В/Ц НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

Для предварительной оценки влияния вида мелкого заполнителя, а также соотношения мелкого к крупному заполнителю в зависимости от водоцементного отношения расчетным методом были определены составы бетонов с требуемой подвижностью. Составы готовили на портландцементе М500. Составы бетонных смесей и основные физико-механические показатели бетона представлены в табл.1

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы, выявлено, что большей прочностью обладает бетон с добавкой VIBROPOR, при использованной данной добавки бетонные смеси на ПЦ М500 обладает связанностью структуры и обладает высокой способностью разжижаться, после снятия напряжения от вибрации обладают высокой жесткостью для удержания приданой формы.

Предложенный состав бетона обеспечивает требуемую подвижность бетонной смеси (ОК- 1 см) и среднюю прочность бетона на сжатие.

Таблица 1. Основные физико-механические показатели бетона

Table 1. Main physical and mechanical properties of concrete

№ п/п	Состав бетонной смеси, кг/м ³						Плотность бетона, кг/м			Прочность бетона R _c , МПа		
	це мент	пе сок	ще бень	во да	В/Ц	М/К	после ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО	после ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО
1	600	430	1100	180	0,3	0,4	2390	2350	2375	61,1	58,9	74,5
2	450	465	1195	180	0,4	0,4	2425	2450	2430	47,8	49,6	66,5
3	600	670	855	180	0,3	0,8	2370	2345	2375	58,5	60,9	84,6
4	450	725	930	180	0,4	0,8	2345	2385	2385	39,2	42,9	59,9
5	515	590	1010	180	0,35	0,6	2405	2345	2380	51,0	51,5	68,5

Таблица 2. Результаты опытов

Table 2. The results of experiments

Вид добавки	Состав бетонной смеси на м ³					Под виж ность, ОК, см	Плотность бетона, кг/м ³			Прочность бетона R _{cж} , МПа			
	ц кг	п кг	щ кг	Д л	В/Ц		пос ле ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО	пос ле ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО	
Песок													
без добавки	450	600	1040	-	0,43	0,7	2420	2400	2400	39,1	41,8	58,5	
Vibropor	450	600	1040	1,83	0,28	1,0	2405	2375	2380	42,1	43,4	61	

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ТЭНСИЛАНД»

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М., 2003. Технология бетона. - М.: АСВ. -500.
2. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В. и др., 1978. Структура и свойства цементных бетонов. - М.: Стройиздат. – 344.
3. ДСТУ Б.В.2.7 – 69 – 98. «Добавки для бетонов. Методы определения эффективности. – 58.
4. EN 206-1:2000 Concrete - Part 1: Specification, performance, production and Conformity. – 86.
5. Ушеров-Маршак А.В., 2004. Украинский бетон на пути в Европу./Сб. докл. «Дни современного бетона». - Запорожье, 14 - 22.
6. Химические и минеральные добавки в бетон, 2005/Под ред. А. Ушерова-Маршака. - Х.: Колорит.-280.
7. Фаликман В.Р., 2009. Поликарбонилаты: вчера, сегодня, завтра. – М.: Россия. – 210.
8. Жук П.М., 2006. Оценка качества строительных материалов в соответствии с требованиями зарубежных стандартов: Учебное пособие. – М.: Архитектура-С. – 135.
9. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М., 1986. Строительные материалы.- М.: Стройиздат. – 688.
10. Кривенко П.В., Пушкарев Е.К., Барановский В.Б. и др., 2007. Строительное материаловедение. – К.: Основа. - 704.
11. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. , 1991. Железобетонные конструкции. Общий курс. - М.: Стройиздат, - 767.
12. Свищ И.С., 2009. Строительное материаловедение: Пособие для лабораторных работ. – Симферополь: РИО НАПКС. - 273.
13. Sukach. M. 2009. Automated control and measuring of parameters of technological processed system M. Sukach, I. Litvinenko, D. Bondar// MOTROL/ - № 11В, 190 - 195
14. Pekarski. F., 2011. Innovacyjna technologia produkcji bentonitu odlewniczego z wykorzystaniem wyselekcjonowanych frakcji powstajacych pizy wytwarzaniu sorbentow/ F. Pezarski, A. Palma, I. IzdebskSzanda// MOTROL. - № 13, 269 - 280.
15. Gazanov A. 2009. Economy of resurces at production of buld materials/ A.Gazonov, H. Nesterenko, A. Lyubl'ko// MOTROL - №11А, 134 – 137.

OPTIMIZATION OF THE PROCESS FOR CONCRETE LINE "TENSILAND"

Summary: The results of the optimization of a heavy fine grained concrete with the use of additives VIBROPOR. The parameters of the strength characteristics of the optimized composition.

Key words: cement, concrete, strength, additives, the composition

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДХОДОВ ЕДИНИЧНОЙ ЖИВУЧЕСТИ К ОЦЕНКЕ СВАЙНЫХ УДЕРЖИВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Игорь Дьяков

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Адрес: Украина, г.Симферополь, ул.Киевская 181
e-mail: karta3@mail.ru

Аннотация. Стойкость свайных удерживающих сооружений обеспечивает безопасность эксплуатации территорий, зданий и сооружений, расположенных выше и ниже по рельефу. Многие из данных сооружений в соответствии с нормативными актами требуют применения подходов к обеспечению их живучести при запредельных воздействиях. Предложенная методика оценки живучести свайных удерживающих сооружений позволяет на стадии эксплуатации оценить необходимость усиления или замены сооружения, а на стадии проектирования обеспечить необходимую стойкость сооружения к прогрессирующему разрушению.

Ключевые слова: свайные удерживающие сооружения, живучесть, стойкость, прогрессирующее разрушение

ВВЕДЕНИЕ

Оползни и обрушения откосов грунта – достаточно распространенные явления, приносящие значительный материальный и другие виды ущерба. Активизация этих склоновых процессов все чаще приводит к деформации и разрушениям зданий и сооружений как на незакрепленных участках, так и участках оборудованных откосо- и оползнеудерживающими сооружениями. Анализ процесса разрушения свайных удерживающих сооружений показал, что в большинстве случаев оно происходит по сценарию образования локальных повреждений с последующим прогрессирующим (лавинообразным) разрушением. Вместе с тем, исследования работы удерживающих сооружений при наличии повреждений не проводились, вследствие чего отсутствуют и методики оценки их живучести. Наличие такой методики позволило бы на стадии эксплуатации оценить необходимость усиления или замены сооружения, а на стадии проектирования обеспечить необходимую стойкость сооружения к прогрессирующему разрушению.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованиями в области прогрессирующего разрушения и живучести сооружений занимались ученые Украины, России и других стран. Наиболее известны работы: Н.С. Стрелецкого, Н.П. Абовского, В.И. Колчунова, Г.А. Гениева, Г.И. Шапира, В.И. Травуша, Н.В. Ключевой, А.В. Перельмутера, П.Г. Еремеева, Б.С. Расторгуева, В.М. Бондаренко, Я.М. Айзенберга, Ю.И. Кудишина, В.О. Алмазова, А.И. Плотникова, А.Г. Тамразяна, В.М. Ройтмана, С.В. Доронина, В.В. Тура, В.К. Вострова, Ю.П. Назарова, В.Н. Симбиркина и др. [1-6]. В этих и работах других авторов предложены методики оценки живучести многопролетных и большепролетных сооружений, пространственных оболочек, панельных и каркасных зданий. Имеются отдельные исследования живучести и процесса разрушения фундаментов [7, 8, 9]. Подобные исследования

живучести свайных удерживающих конструкций, не проводились.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель статьи – проанализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований и на их основе разработать общие подходы к оценке живучести свайных удерживающих конструкций.

Задачи статьи:

- основываясь на подходах к оценке живучести надземных конструкций, зданий и сооружений, предложить методику оценки живучести свайных удерживающих сооружений;
- проанализировать результаты численного эксперимента по оценке живучести свайных удерживающих сооружений в программном комплексе «Plaxis 3D Foundation»;
- выявить зависимости живучести свайных удерживающих сооружений от их конструктивных и других особенностей;
- определить направления дальнейших исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Свайные удерживающие сооружения широко применяются для удержания откосов и оползней в Крыму и других регионах Украины. Взаимосвязь их аварий с авариями строений выше и ниже по рельефу во многих случаях дает возможность отнести эти сооружения к классу ответственности СС2 и СС3. Это предполагает необходимость обеспечения их стойкости к прогрессирующему разрушению [10]. Вместе с тем высокий уровень неопределенности параметров запредельных воздействий и повреждающих факторов способствует поиску простых методов оценки живучести свайных удерживающих сооружений.

Наиболее распространенным подходом к оценке живучести надземных сооружений является

метод единичной живучести. Данный метод основан на оценке возможности здания или сооружения частично или полностью выполнять свои функции при наличии единичного повреждения. Считается, что конструкция имеет достаточную живучесть, если при возникновении повреждения прогрессирующее разрушение не произошло, а усилия с поврежденной конструкции перераспределились на другие конструкции.

Метод единичной живучести имеет ряд существенных преимуществ, при применении его для оценки свайных удерживающих сооружений:

- позволяет частично или полностью абстрагироваться от повреждающего фактора, так как в большинстве случаев точно прогнозировать или оценить величину и причины его возникновения не удается;

- характерные виды единичных повреждений свайных удерживающих сооружений, состоящих из отдельных конструкций, всегда можно выявить, основываясь на результатах исследований и наблюдений;

- обеспеченность живучести конструкции при наличии единичных повреждений, с высокой степенью вероятности гарантирует стойкость конструкции к прогрессирующему разрушению.

Для моделирования системы «массив грунта – удерживающее сооружение – основание» и оценки живучести сооружения при использовании подходов единичной живучести необходимо решение таких вопросов, как: параметры системы; виды единичных повреждений и способы их задания, критерии разрушения; инструменты моделирования (программный комплекс для выполнения оценки).

Как показал анализ аварий свайной удерживающей конструкции в г.Алушта, на трассе Симферополь-Ялта, в пгт. Парковое и на других участках, повреждения могут возникать в сваях, ростверке, их соединении и в основании, воспринимающем нагрузки от сваи (рис.1). Особым видом повреждений системы «массив грунта – удерживающее сооружение – основание» является просачивание грунта между сваями. Наибольшую вероятность из перечисленных повреждений имеет повреждение свай. Для упрощения задачи, моделировать повреждение конструкции в сооружении можно выключением ее из работы на отдельном участке (например, для свайного ростверка) или выключением полностью (например, для сваи).

Наиболее приемлемыми критериями потери живучести свайного удерживающего сооружения являются те, которые свидетельствуют о прекращении выполнения сооружением своих функций либо о начале прогрессирующего разрушения. В соответствии с этим можно выделить следующие критерии:

- недопустимые перемещения грунта совместно с конструкцией;
- недопустимые перемещения грунта без перемещения конструкции;
- разрушение других элементов конструкции сооружения, отличных от конструкции с заданным повреждением.

Задание вида и дислокации единичного повреждения позволяет избежать выявления причин возникновения повреждающего фактора и его характеристик. В то же время отсутствие учета изменений в системе «грунтовый массив – удерживающее сооружение – основание», приведших к формированию повреждающего фактора, может способствовать значительной погрешности в результатах оценки. Это, прежде всего, касается изменений в характеристиках грунтового массива, в том числе основания свай. В соответствии с этим, при оценке единичной живучести свайных удерживающих сооружений, необходимо внесение предполагаемых изменений в расчетную модель системы «грунтовый массив-сооружение-основание».

Предлагаемое сочетание задаваемых повреждений и изменений в расчетной модели при различных видах оценки приведены в таблице 1.

В качестве инструмента для апробирования методики оценки живучести свайных удерживающих конструкций методом конечных элементов был использован программный комплекс «Plaxis 3D Foundation», который позволяет: поэтапно моделировать стадии загрузки; описывать поведение грунта нелинейной моделью Кулона-Мора; использовать несколько типов элементов для моделирования различных видов напластования грунтов. «Plaxis 3D Foundation» хорошо зарекомендовала себя в инженерных расчетах склонов и откосов грунта. В настоящее время он считается одной из наиболее совершенных программных систем, применяемых для расчета сооружений, взаимодействующих с грунтом [11].



Рис.1. Повреждения системы «массив грунта – удерживающее сооружение – основание»
 Fig. 1. Damage to the system, "an array of ground - retention structure - foundation"

Таблица 1. Предлагаемые изменения в расчетной модели при оценке живучести свайного удерживающего сооружения с заданными единичными повреждениями
 Table 1. Changes in the calculation model in the evaluation of survivability pile retaining structures with specified single lesions

Вид задаваемого повреждения	Целесообразные изменения, вносимые в расчетную модель при различных видах оценки живучести	Примечание
Выключение сваи из работы сооружения	1. Без изменений	-
	2. Изменение характеристик грунтового массива под воздействием грунтовых вод	-
	3. Внешний пригруз массива грунта	-
	4. Сейсмические воздействия	При рассмотрении длительной живучести
Выключение участка свайного ростверка	Те же	-
Удаление участка грунта перед сооружением (с учетом рельефа местности)	1. Без изменений	-
	2. Изменение характеристик грунтового массива под воздействием грунтовых вод	При рассмотрении длительной живучести

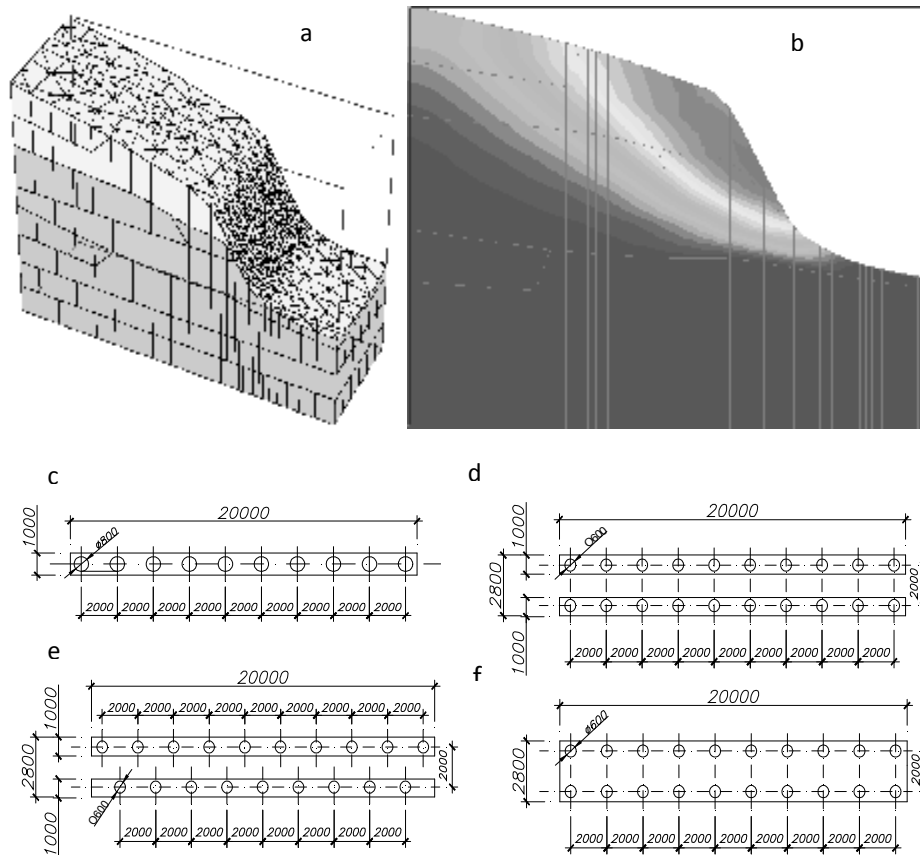


Рис. 2. Модели грунтового массива и свайных удерживающих сооружений: а - модель массива; б – потенциальная призма скольжения; с – однорядная удерживающая конструкция, d, - двухрядная конструкция с раздельным ростверком и параллельным расположением свай: е - то-же с шахматным расположением свай, f - двухрядная с общим ростверком. с-f – соответственно модели 1-4

Fig. 2. Models of the soil mass and pile retaining structures: a - the array model; b - a potential prism slip; c - single-row retaining structure, d, - double-row design with a separate grillage and a parallel arrangement of piles: e - same-staggered piles, f - duplex with a common grillage. cf - respectively the model 1-4

В численном эксперименте использовались четыре варианта моделей свайных удерживающих конструкций [12]: 1-я модель - с 1-рядным расположением свай; 2-я модель - с 2х-рядным расположением свай с параллельными ростверками; 3-я модель - с 2х-рядным «шахматным» расположением свай с параллельными ростверками; 4-я модель – с двухрядным расположением свай и общим ростверком (рис.1). Многослойный грунтовой массив был построен в 3 D модели для учета развития объемных сил и имеющих резервов устойчивости склона и работы системы. Оценку единичной живучести сооружения осуществляли путем «выключения» в процессе «работы» системы одного из элементов сооружения: сваи; участка свайного ростверка. Удаление участка грунта перед сооружением на данной стадии исследования не рассматривалось в связи с необходимостью разработки моделей повреждений.

Расчетную оценку живучести при повреждении свай для каждой из моделей проводили в следующих комбинациях: без активации удерживающей конструкции; с удерживающей конструкцией; с удерживающей конструкцией и последующим повреждением (выключением из работы сваи); с поврежденной

удерживающей конструкцией и изменениями в характеристиках грунтового массива.

Введение повреждений во всех моделях сопровождалось перераспределением напряжений с поврежденных конструкций на другие конструкции сооружения. В табл. 2 представлены расчетные данные о поведении сооружений при различных конфигурациях моделей. Как видно из таблицы, модель 1 при повреждении сваи не разрушилась, но перестала выполнять свои функции из-за просачивания грунта в месте повреждения. Модели 2 и 3 сохранили свою живучесть, так как перегрузка свай при перераспределении усилий с поврежденной конструкции не превысила 40% (заложенный запас прочности). При этом живучесть модели 3 оказалась больше из-за более равномерного перераспределения усилий на другие конструкции. В модели 4, характеризовавшейся до активации повреждения более равномерным распределением усилий между сваями, при выключении сваи произошло разрушение близлежащих свай второго ряда.

Оценка поведения моделей удерживающих сооружений с поврежденными сваями и воздействием грунтовых вод показала, что

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДХОДОВ ЕДИНИЧНОЙ ЖИВУЧЕСТИ

соотношение усилий в сваях сохранилось, но их величина несколько увеличилась.

Оценка живучести свайных удерживающих конструкций при внесении единичных повреждений в свайный ростверк путем удалении его участка между сваями не вызвала существенных изменений максимальных изгибающих моментов на остальных участках ростверка и в сваях.

Вместе с тем, предложенная методика оценки живучести свайных удерживающих конструкций требует совершенствования в области видов и параметров вносимых изменений в систему «грунтовый массив – сооружение – основание», основанного на проведении дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

- Сложные и трудно прогнозируемые условия формирования повреждающего фактора приводят к целесообразности применения для оценки стойкости к прогрессирующему разрушению свайных удерживающих сооружений метода единичной живучести.

Метод предусматривает задание вида и масштаба единичного повреждения и последующей оценки возможности возникновения лавинообразного разрушения сооружения;

- Как показали численные исследования в программном комплексе «Plaxis 3D Foundation», использование метода единичной живучести для свайных удерживающих конструкций дает адекватные результаты, позволяющие учесть их при проектировании и реконструкции сооружений;
- При формировании повреждающего фактора происходят изменения в грунтовом массиве и других элементах системы «Грунтовый массив- удерживающее сооружение-основание». Для повышения точности оценки живучести сооружения в расчетные модели целесообразно вводить предполагаемые изменения системы, учитывая рельеф местности, географические и инженерно-геологические характеристики участка, те или иные внешние воздействия.

Таблица 2. Поведение моделей сооружений при различных их конфигурациях
Table 2. The behavior of structures under various models of their configurations

Мо- дель	Результаты оценки живучести сооружений при различных конфигурациях моделей			
	Работа без удерживающего сооружения	Работа с удерживающим сооружением	Работа с удерживающей конструкцией при повреждении сваи	Работа с удерживающей конструкцией при повреждении сваи и воздействии грунтовых вод
1	Разрушение грунтового тела	Стабилизация массива	Просачивание грунта на участке повреждения. Увеличение максимального изгибающего момента в сваях, близлежащих к поврежденной на 9%	Просачивание грунта на участке повреждения. Увеличение максимального изгибающего момента в сваях, близлежащих к поврежденной на 14%
2	То-же	То-же	Увеличение максимального изгибающего момента в соседних сваях на 4 %, в близлежащих сваях второго ряда до 17 %	Увеличение максимального изгибающего момента в соседних сваях на 6 %, в близлежащих сваях второго ряда до 21%
3	То-же	То-же	Увеличение максимального изгибающего момента в соседних сваях на 4%, в близлежащих сваях второго ряда на 8%	Увеличение максимального изгибающего момента в соседних сваях на 6%, в близлежащих сваях второго ряда на 12%
4	То-же	То-же	Увеличение максимального изгибающего момента в соседних сваях на 9%, в близлежащих сваях второго ряда на 47%	Увеличение максимального изгибающего момента в соседних сваях на 11%, в близлежащих сваях второго ряда на 56%

ЛИТЕРАТУРА

1. Стекольников Ю.И., 2003. Живучесть систем. Теоретические основы. – М.: Политехника. – 155.
2. Ключева, Н.В. 2006. Экспериментально теоретические исследования живучести эксплуатируемых железобетонных рам при внезапных повреждениях. // Бетон и железобетон.- №6, 12-15.
3. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. М., 2005. – 40.
4. СТО-008-02495342-2009. Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий. Проектирование и расчет. - М.: ОАО ЦНИИПромзданий.-21.
5. Тихонов И.Н., 2006. К проектированию зданий из железобетона с учетом защиты от прогрессирующего обрушения / И.Н.Тихонов, М.М.Козелков, А.Р.Демидов.// Бетон и железобетон. - №6, 6 - 10.
6. Кудишин Ю.И., 2008. К вопросу о живучести строительных конструкций/ Ю.И.Кудишин, Д.Ю.Дробот// Строительная механика и расчет сооружений. – № 2 (217), 36 - 43.
7. Дьяков И., 2013. Оценка живучести отдельных стоящих фундаментов на основе изучения процесса их разрушения// MOTROL.- Vol. 15, №5, 115-122.
8. Барыкин Б., Барыкин А., 2012. К вопросу о биопозитивном строительстве на сложном рельефе // MOTROL.- Vol. 14, №6, 123 - 129.
9. Чеботарева Е., 2010. Исследование напряженно-деформированного состояния отдельных стоящих двухслойных железобетонных фундаментов методом компьютерного моделирования// MOTROL.- №12D, 156 - 161.
10. ДБН В.1.2-14-2009. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений строительных конструкций и оснований. К.: Мінрегіонбуд України.- 41.
11. Определение напряженно-деформированного состояния откосов и склонов в системе «Plaxis», 2012//Под ред. Гришина В.А. – К.: НДИ Подземспецстрой.-118.
12. Дьяков И.М., 2013. Оценка живучести свайных удерживающих конструкций // Строительство, материаловедение, машиностроение / Сб. научн. Трудов ПГАСА. – Вып..69, 169 - 174.

APPLICATION OF THE APPROACH OF UNIT VITALITY TO EVALUATE THE SURVIVABILITY OF THE PILE RESTRAINT OF STRUCTURES

Summary. Resistance pile retaining structures ensures safe use of areas, buildings and structures located above and below the terrain. In line with this, many of these facilities in accordance with the regulations require approaches to ensure their survivability. The proposed method of determining the survivability of pile retaining structures allows for the operation stage to assess the need of strengthening or replacement facilities, and at the design stage to provide the necessary resistance to the progressive destruction of the buildings.

Key words: pile retaining structures, persistence, progressive destruction

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ ВЫЖИМКИ В НЕПРЕРЫВНО ДВИЖУЩЕМСЯ СЛОЕ.

Алексей Завалий, Владимир Рутенко, Сергей Криворучко

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины
«Крымский агротехнологический университет»
Адрес: 95492 Симферополь, Аграрное, ЮФ НУБ и П Украины «КАТУ»
e-mail: rutvs@mail.ru

Аннотация. Предложено устройство инфракрасной сушки, обеспечивающее равномерное тепловое облучение верхней и нижней поверхностей ленты сушильного конвейера. Источники теплового излучения устройства размещены в одной плоскости с плоскостью ленты конвейера, а тепловое излучение передается на поверхности ленты отраженным излучением от зеркальных поверхностей, окружающих ленту. Экспериментально подтверждено, что устройство обеспечивает температурную неравномерность продукта сушки не более 2,5°C при среднем значении 48 - 65°C. Энергетические затраты устройства составляют 1,2 - 1,4 кВт·час/кг испаренной влаги. На основе данного устройства разработано устройство инфракрасной сушки виноградной выжимки загрузкой 200 кг по сырью.

Ключевые слова: сушка, виноградная выжимка, инфракрасный излучатель, конвейерная линия, контроль температуры.

ВВЕДЕНИЕ

Выжимка после прессования свежего винограда составляет около 20% перерабатываемой массы винограда и является ценным пищевым продуктом, насыщенным биологически активными веществами, одним из способов длительного сохранения которых является сушка. Принимая во внимание высокую энергоемкость процесса сушки, необходима разработка эффективных способов сушки при условии, что сам процесс не приводит к разрушению и потере ценных биологических компонент выжимки. При этом сушка должна производиться сразу после прессования, чтобы предотвратить биологические и биохимические процессы в выжимке, насыщенной влагой [1, 2, 3].

Современные сельскохозяйственные предприятия, занимающиеся возделыванием и переработкой винограда, существенно отличаются по объему производимой продукции и нуждаются в оборудовании с высокой производительностью, соответствующей объемам производства. Из-за быстрой порчи выжимки транспортировать ее от места прессовой обработки винограда нет смысла, то есть сушильное оборудование должно находиться в непосредственной близости от места отжима. Традиционные устройства для сушки, разрабатываемые в СССР для крупного промышленного производства, не могут быть применены как по производительности и затратам, так и по конечному продукту. Так, например, выжимка, высушенная в устройствах, использующих в качестве агента сушки продукты сгорания углеводородных топлив, вряд ли может применяться в пищу. Инфракрасной сушки делают ее привлекательной для использования в сельскохозяйственных предприятиях. Общими недостатками

Таким образом, необходимы способы и устройства сушки, позволяющие производить высококачественный продукт, обладающие высокой экономической эффективностью и обеспечивающие необходимую для данного предприятия производственную программу.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

При разработке способов и устройств сушки следует уделять особое внимание экологически чистым технологиям, использующим природные, естественные механизмы обезвоживания пищевых продуктов. К таким механизмам относится воздействие теплового излучения, известное человеку исстари как сушка на солнце. Технические устройства сушки тепловым излучением позволяют исключить вредное действие ультрафиолетового спектра солнечного излучения, губительно действующего на биологические объекты, оставив только инфракрасное излучение.

Инфракрасная (ИК) сушка продуктов питания является природным экологически чистым способом удаления влаги [4, 5, 6]. Ее особенностью является непосредственный способ передачи потока тепла от источника излучения к поверхности сушки, что обуславливает ее высокую эффективность и управляемость. Источниками теплового излучения служат высокотемпературные лампы накаливания, обеспечивающие значительные по величине тепловые потоки при малых собственных геометрических размерах. Устройства инфракрасной сушки просты по конструкции, легко обслуживаются. Эти свойства

инфракрасной сушки являются высокая неравномерность потока излучения на поверхность сушки и, как следствие, неравномерная остаточная

влажность продукта сушки и низкая объемная производительность. Разработка устройств инфракрасной сушки, лишенных указанных недостатков, является актуальной научной и технической задачей.

Особенностью виноградной выжимки является близость ее структуры к мелкодисперсным пластичным веществам, которые характерны низкой пористостью, как следствие, малой площадью поверхности и плохой воздушной проницаемостью. Для эффективной сушки таких веществ необходимо увеличивать площадь поверхности как теплового воздействия на продукт сушки, так и соприкосновения с окружающим воздухом.

Технически решить такую задачу в компактных устройствах позволит двустороннее облучение тонкого пласта продукта сушки и регулярное его ворошение пересыпанием с одной поверхности сушки на другую.

В связи с вышесказанным целью настоящей работы является разработка конвейерного устройства инфракрасной сушки виноградной выжимки в непрерывно движущемся слое.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать геометрию рабочего объема инфракрасного сушильного устройства, обеспечивающую равномерное тепловое облучение верхней и нижней поверхностей ленты сушильного конвейера.

2. Экспериментально определить уровень неравномерности температуры продукта в ходе сушки и энергетические затраты на процесс сушки для разработанной геометрии инфракрасного сушильного устройства.

3. Разработать систему автоматического поддержания заданного уровня температуры продукта в процессе сушки.

4. Разработать конструкцию конвейерного устройства инфракрасной сушки виноградной выжимки.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Разработка геометрии рабочего объема инфракрасного сушильного устройства. Рабочий объем инфракрасного сушильного устройства (рис.1) представляет собой плоскую сетчатую ленту 2 конвейера, окруженную профилированными распространения лучей от источника к поверхности сушки. Геометрическую картину распространения лучей от источника к облучаемой поверхности строят в соответствии с законом полного отражения излучения.

С использованием тепловой модели разработаны рабочие объемы для ленты шириной 450 - 950 мм и высотой боковых зеркальных отражателей (рефлекторов) 100 - 200 мм. Профили боковых рефлекторов рассчитаны с использованием геометрической модели,

зеркально отражающими поверхностями 4 и 5. Источники излучения 3 расположены в плоскости ленты 2 за ее пределами. Задачей зеркально отражающих поверхностей 4 и 5 является равномерное распределение потока излучения от источников 3 по верхней и нижней поверхностям ленты 2. Предлагаемая схема исключает попадание на поверхности сушки прямого излучения источников, весь процесс переноса тепла осуществляется отраженным излучением.

Факторами управления распределением потока излучения по поверхностям ленты являются форма и положение боковых отражателей 4, форма и положение верхнего и нижнего отражателей 5 и место положения источников излучения 3 по отношению к границе ленты. Для определения геометрических параметров рабочего объема инфракрасного сушильного устройства, обеспечивающего равномерное распределение потока излучения по поверхностям ленты конвейера нами разработана тепловая модель инфракрасного излучения в рабочем объеме камеры. Тепловая модель разработана в двумерной и трехмерной постановках и основана на решении интегрального уравнения переноса излучения в оптически прозрачной рассеивающей, поглощающей и преломляющей среде [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Решением модели являются поля температур и тепловых потоков на поверхностях ленты для заданной тепловой мощности источника излучения. На остальных границах рабочего объема задаются оптические свойства поверхностей и условия сложного теплообмена 3-го рода на внешней стенке границ для естественно-конвективного теплообмена.

Геометрия рабочего объема удовлетворяет требованиям равномерности распределения теплового потока излучения по поверхности сушки, если в результате теплового моделирования максимальная нормированная разность температур Δt_{\max} на поверхности сушки не превышает 1%, а среднее квадратичное отклонение распределения температуры σ_t на поверхности сушки не превышает 2 К. В случае невыполнения этих ограничений выполняют корректировку изменением угла положения верхнего отражателя относительно горизонтальной плоскости или смещением источника излучения по оси горизонтальной симметрии рабочего объема.

Корректировка осуществляется сопоставлением результатов расчетного теплового анализа с геометрической картиной

описанной в [12, 13, 14, 15, 16]. Геометрическая модель позволяет определять координаты участка поверхности рефлектора, обеспечивающие постоянство падающего на поверхность облучения теплового потока излучения в соответствии с законами Ламберта и распространения энергии от точечного источника. На рис.2 приведена схема расчетной области рабочего объема устройства сушки лотка шириной 600 мм и высотой профиля бокового отражателя 100 мм.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ

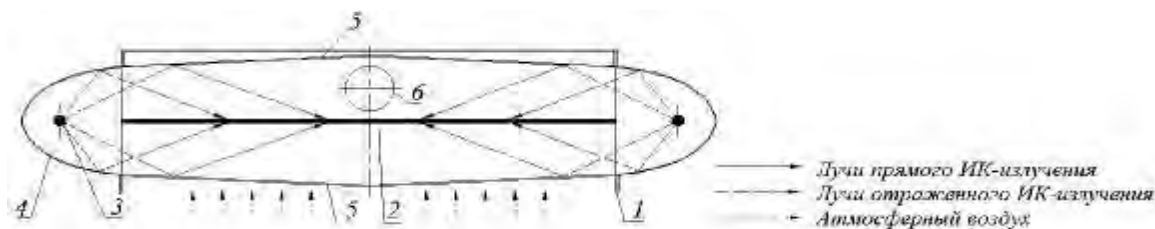


Рис.1. Схема рабочего объема устройства инфракрасной сушки

1 – корпус (камера) устройства; 2 – лоток (поверхность) с продуктом сушки; 3 – источник ИК излучения; 4 – боковой отражатель (рефлектор); 5 – верхний и нижний отражатели; 6 – вытяжной вентилятор.

Fig.1. Chart of the swept volume of device of the infra-red drying

1 - corps (chamber) of device; 2 - a tray (surface) with the product of drying; 3 - a source IK radiations; 4 - a lateral reflector (reflector); 5 - are overhead and lower reflectors; 6 - an air-exhauster.

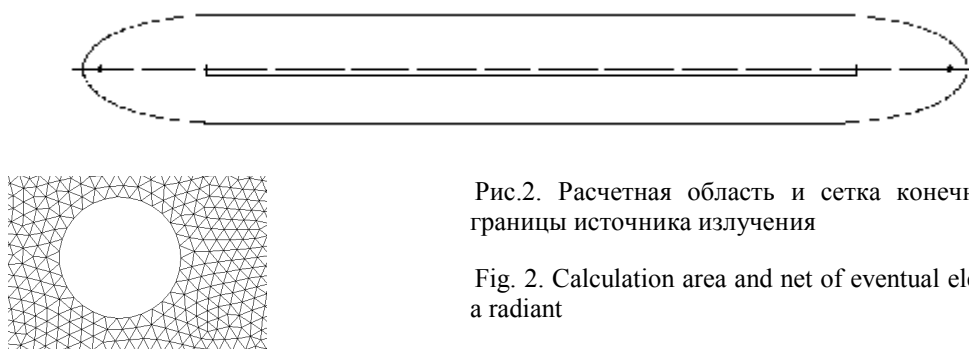


Рис.2. Расчетная область и сетка конечных элементов у границы источника излучения

Fig. 2. Calculation area and net of eventual elements at a border a radiant

Тепловое моделирование выполнено для следующих условий теплообмена на границах расчетной области: тепловой поток источника излучения $q = 20000 \text{ Вт/м}^2$; степень черноты поверхности источника излучения $\varepsilon = 1$; коэффициент конвективного теплообмена на внешних границах поверхности облучения и поверхностей отражения $\alpha = 10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$; степень черноты внешней границы поверхности облучения $\varepsilon = 1$, поверхности отражения $\varepsilon = 0$; степень черноты внутренней границы поверхности облучения $\varepsilon = 1$; поверхности отражения $\varepsilon = 0$; коэффициент диффузности отражения внутренней границы поверхности отражения $\varphi = 0$, то есть отражение зеркальное.

Для расчетной области на рис.2 при зеркально отражающих боковых стенках ленты конвейера параметры температурной неравномерности на поверхности ленты конвейера составили: среднее значение температуры $t_{cp} = 53,8^\circ\text{C}$ при макси-

мальном отклонении 4,3% и среднем квадратичном отклонении $\sigma = 3,479^\circ\text{C}$.

Для уменьшения температурной неравномерности использованы изменения положения верхнего (нижнего) отражателя и источников излучения. Наилучший результат позволило получить смещение источников излучения в сторону бокового рефлектора на 5 мм (рис.3): среднее значение температуры $t_{cp} = 53,75^\circ\text{C}$ при максимальном отклонении 0,982% и среднем квадратичном отклонении $\sigma = 1,007^\circ\text{C}$.

Экспериментальное определение уровня неравномерности температуры продукта в ходе сушки и энергетических затрат на процесс сушки выполнено в инфракрасной сушильной камере (рис.4).

Камера представляет собой шкаф (корпус 5), разделенный на 2 объема: в 1-м объеме размещен ИК излучатель с лотком для продукта сушки; во 2-м

объеме размещен вентилятор и панель электрических приборов.

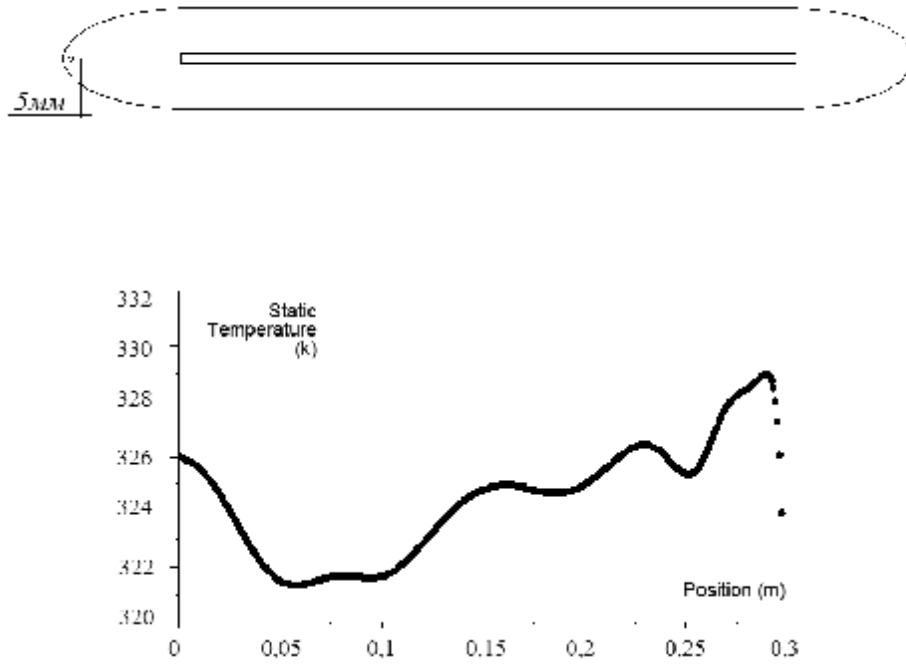


Рис.3. Расчетная область и распределение температуры на поверхности облучения

(источник излучения смещен на 5 мм)

Fig.3. Calculation area and distributing of temperature on the surface of irradiation

(a radiant displaced on 5 mm)

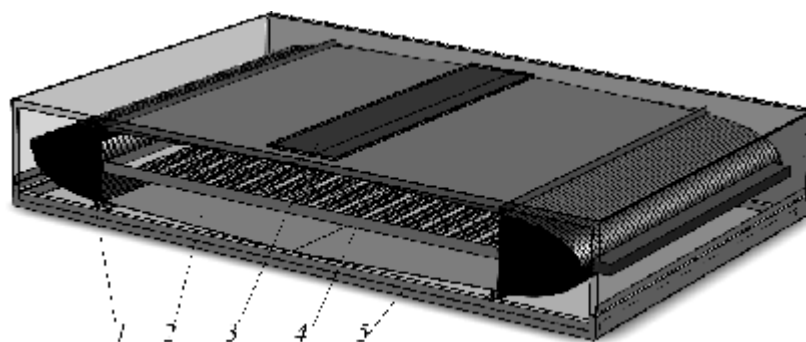


Рис. 4. Инфракрасная сушильная камера

1 – излучатель; 2 – нижний отражатель; 3 – верхний; 4 – сетчатый лоток; 5 – корпус

Fig. 4. Infra-red drying chamber

1 - emitter; 2 - a lower reflector; 3 - overhead; 4 - the reticulated tray; 5 - a corps

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ

Боковые излучатели 1 представляют собой профилированные поверхности с закрепленными на них держателями ламп. Все отражающие поверхности выполнены из зеркально отражающего алюминиевого листа толщиной 0,4-0,45 мм. Источник излучения – линейные галогеновые лампы длиной 78 мм мощностью 100 Вт или 150 Вт. В камере устанавливается 4 лампы по 2 на сторону. Для измерения поля температуры изготовлен излучатель, длина бокового отражателя которого составляет 450 мм. Расстояние между боковыми отражателями составляет 520 мм. Под корпусом для измерения массы лотка установлены тензометрические весы, на которых закреплены стойки, выходящие в рабочий объем камеры. На стойках закреплены траверсы, на которые опирается лоток с продуктом сушки. Для измерения температуры использованы термопары типа К и 8-ми каналный цифровой измеритель температуры ИТ Д-ИТ-8ТП-ЭЗА-RST-2И производства АОЗТ «ТЕРА» с программным обеспечением для записи и архивирования измерительной информации в память персонального компьютера.

Для оценки температуры продукта в процессе сушки и равномерности нагрева продукта, размещенного в разных местах лотка в экспериментальной камере выполнены сушки влажных войлочных кругов. Для измерения температуры продукта в тело круга на глубину 2–3 мм помещали термопары. Таким образом препарированы 3 круга, которые укладывали на лоток так, чтобы один круг был на одинаковом расстоянии от источников излучения, а два других располагались у краев лотка вблизи источников излучения. В разных экспериментах круги укладывали в разные положения относительно лицевой и тыльной стенок камеры, стараясь охватить тем самым как можно большую площадь поверхности лотка.

В экспериментах варьировали как мощностью источников излучения, так и интенсивностью воздушного вентилирования рабочего объема камеры. На рис.5 представлена временная диаграмма изменения температуры продукта в ходе сушки при тепловой мощности 2,115 кВт/м² и естественной вентиляции камеры.

Для диапазона тепловой мощности 2–10,5 кВт/м² температура продукта в период постоянной скорости сушки находилась в пределах 48–65°C. Различие значений температуры продукта сушки, размещенного в разных местах лотка не превышало 2,5 °С, что свидетельствует о высокой степени равномерности теплового воздействия на продукт сушки по всей поверхности лотка камеры. Температура продукта сушки, размещенного ближе к источнику излучения, выше вследствие конвективного разогрева воздуха от источников излучения.

Для поддержания температуры в

заданном диапазоне значений выполнены сушки в экспериментальной камере с использованием релейного регулятора температуры продукта сушки. На рис.6 приведена диаграмма изменения температуры продукта при регулировании включением/выключением источников излучения.

Оценка затрат энергии на процесс сушки (рис.7) выполнена для 10 режимов:

1 – мощность ламп 400Вт, облучение сверху, войлочные круги в металлических крышках (испарение с одной поверхности войлока) при естественной вентиляции;

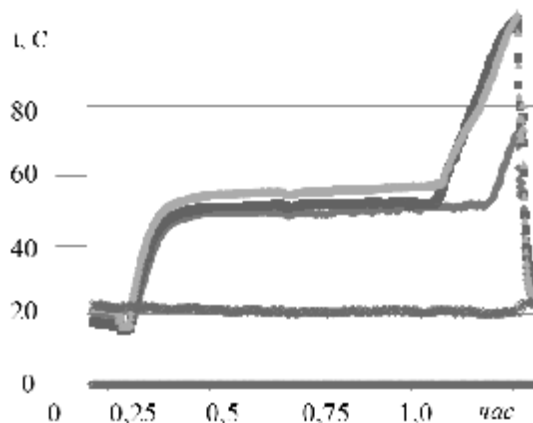


Рис. 5. Температура продукта в ходе сушки

Fig. 5. Temperature of product during drying

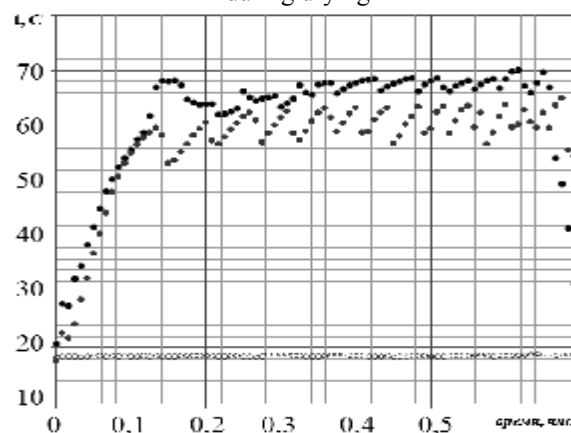


Рис.6. Температура продукта в ходе сушки при использовании релейного регулятора

Fig. 6. Temperature of product a motion of drying at the use relay regulator

2 – войлочные круги без крышек (испарение с 2-х поверхностей) при облучении 1-й поверхности сверху. Результат – увеличение скорости сушки на 17%, снижение затрат с 1,403кВт·час/кг, до 1,202 кВт·час/кг;

3 – для условий эксперимента 2 включена принудительная вентиляция (100м³/час или 0,15–0,17м/с). Результат – температура на поверхности упала до 28°C. Скорость сушки упала до значения в эксперименте 1, а затраты увеличились соответственно до 1,403кВт·час/кг.

4 – для условий эксперимента 3 воздух предварительно нагревался, обтекая поверхность отражателя. Результат – температура на поверхности выросла до 32С, затраты снизились до 1,345кВт·час/кг.

5, 6 – мощность ламп 600Вт для условий эксперимента 4. Результат – температура поверхности 40-41°С, скорость сушки выросла до 0,691-0,719г/с, затраты уменьшились до 1,276-1,226 кВт·час/кг.

7, 8 – мощность ламп 600Вт, естественная вентиляция. Результат – температура поверхности 50-52°С, скорость сушки выросла до 0,74-0,774г/с, затраты уменьшились до 1,192-1,139кВт·час/кг.

9 – мощность ламп 2000Вт, для условий эксперимента 4. Результат – температура поверхности 62°С, скорость сушки выросла до 2,554г/с, затраты 1,151 кВт·час/кг.

10 – мощность ламп 600Вт для условий эксперимента 4. Результат – температура поверхности 36-37°С (упала по сравнению с точками 5,6 на 3-4°С), скорость сушки 0,722г/с, затраты 1,221 кВт·час/кг.

На рис.7 экспериментальные точки нанесены на график с данными, полученными при испарении свободной влаги при контактном нагреве (линия К). Здесь же нанесена линия R, соответствующая удельной теплоте парообразования воды при атмосферном давлении.

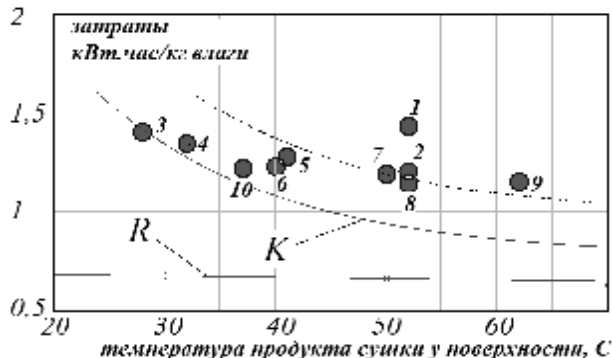


Рис. 7. Затраты энергии на процесс сушки
Fig. 7. Expenses of energy on the process of drying

Таким образом, энергетические затраты на испарение влаги составляют

1,2 -1,4 кВт·час/кг, при этом меньшие значения соответствуют большей тепловой нагрузке. Принудительная вентиляция камеры существенно снижает температуру продукта сушки при незначительном снижении скорости сушки и увеличении затрат энергии. По эффективности сушка в инфракрасной камере близка к сушке контактным нагревом, что свидетельствует о высокой эффективности передачи энергии излучения от источников к поверхности сушки.

Конструкция конвейерного устройства инфракрасной сушки виноградной выжимки представляет собой (рис.8) круговой конвейер, состоящий из шести ленточных горизонтальных транспортеров, одного шнекового горизонтального и одного шнекового вертикального транспортеров. Каждый транспортер приводится в движение своим мотор-редуктором.

Ленточные транспортеры идентичны по конструкции и представляют собой модуль, содержащий одну транспортную ленту с загрузкой сверху и выгрузкой вниз. Транспортеры размещены друг на друге движением навстречу, что позволяет загружать продукт на ленту верхнего транспортера, а далее продукт с каждой верхней ленты падает на ленту нижерасположенного транспортера. С ленты нижнего транспортера продукт падает в приемный бункер горизонтального шнекового транспортера, который подает продукт в нижнюю часть вертикального шнекового транспортера. Последний поднимает продукт вверх и сбрасывает его на ленту верхнего ленточного транспортера, круг движения продукта замыкается. Выгрузка готового продукта выполняется через окно в корпусе установки, расположенное на уровне 2-го снизу ленточного транспортера. Продукт, перемещаясь по ленте горизонтальных транспортеров, облучается инфракрасными излучателями, охватывающими ленту. Вентилирующий воздух попадает в объем установки через загрузочное отверстие и отверстие в зоне выгрузки, проходит вдоль лент с продуктом сушки и выбрасывается из устройства вытяжным вентилятором, установленным в верхней части корпуса в зоне выгрузки

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ ВЫЖИМКИ

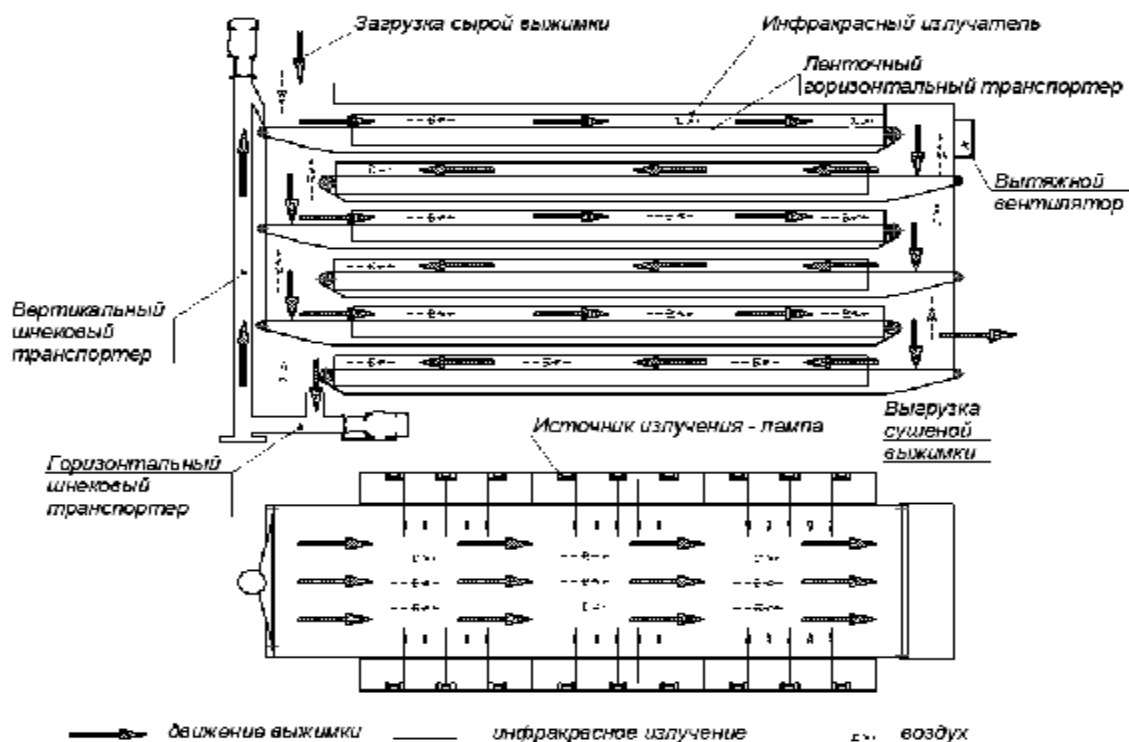


Рис. 8. Компонентная схема установки инфракрасной сушки виноградной выжимки

Fig. 8. Arrangement chart of setting of the infra-red drying of the vine pressing out

верхнего ленточного транспортера. Все ленточные транспортеры, имея одинаковую производительность, обеспечивают равномерное перемещение продукта сушки. Пересыпание выжимки с ленты на ленту реализует процесс ворошения, увеличивающий площадь контакта поверхности выжимки с воздухом и выравнивающий влагосодержание в слое выжимки.

Процесс сушки включает загрузку сырья, сушку, выгрузку и складирование.

Загрузка сырья. Сырая выжимка загружается в загрузочное отверстие верхнего ленточного транспортера. Для ускорения загрузки крыша

Сушка. Требуемый температурный режим сушки реализуется с помощью регуляторов включения-выключения излучателя ленточного конвейера. Температура выжимки контролируется термпарой, установленной в металлическом щупе, скользящем по ленте конвейера (рис.9).

При достижении продуктом необходимой степени влажности излучатели выключают, а работу конвейера при включенной вентиляции продолжают в течение 1 часа. После чего готовый продукт выгружают.

устройства выполнена откидной, а секции верхнего отражателя - съемными. В ходе загрузки включают движение лент транспортеров с максимальной скоростью, чтобы обеспечить как можно более быстрое выкладывание выжимки на ленту. Контроль за толщиной слоя выжимки осуществляют контрольной линейкой, устанавливаемой над лентой. При достижении выжимкой нижнего ленточного транспортера (контроль через смотровое окно выгрузки) скорость движения ленты снижают до расчетной по производительности и включают шнековые транспортеры. Источники излучения включают по мере заполнения ярусов выжимкой. После окончания загрузки загрузочные отверстия закрывают, включают вытяжной вентилятор.

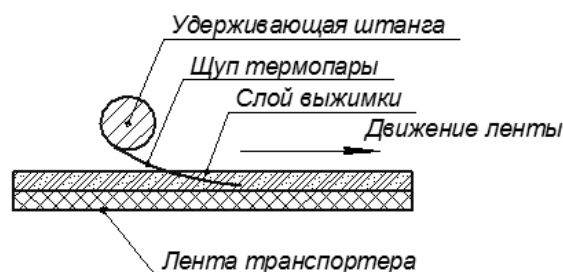


Рис. 9. Термопара контроля температуры выжимки

Fig. 9. Sensor for control of temperature of pressing out

Таблица 1. Технические характеристики конвейерного устройства инфракрасной сушки

Table 1. Technical descriptions of conveyer device of the infra-red drying

Наименование	Размерность	Значение
Сырье		
масса загрузки	кг	200
насыпная плотность	кг/м ³	250-470
высота слоя	мм	20-30
Ленточный транспортер		
количество	шт	6
температура продукта сушки	°С	35-55
ширина ленты	мм	980
длина ленты	мм	3600
нагрузка на погонный метр ленты	кг/м	10
средняя скорость движения ленты	м/мин	6,9
мощность излучателей	кВт	2,7
мощность привода	кВт	0,1
Шнековый транспортер		
наружный диаметр шнека	мм	100
угол подъема винта вертикального шнека	град	7,26
угол подъема винта горизонтального шнека	град	10,6
частота вращения	об/мин	160
потребляемая мощность	кВт	0,3
производительность	кг/час	206
Вентилятор		
расход воздуха	м ³ /час	100-200
потребляемая мощность	кВт	0,15

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ

Выгрузка и складирование. По окончании сушки открывают окно выгрузки и помещают в него приемный бункер (монтируется на тележке). Сушеный продукт снимают с ленты конвейера в бункер, затем перегружают в бумажные мешки, которые отправляют на склад.

Технические характеристики конвейера загрузкой 200 кг сырой выжимки приведены в таблице 1.

ВЫВОДЫ.

Разработано эффективное устройство инфракрасной сушки виноградной выжимки загрузкой 200 кг по сырью, состоящее из 6 модулей ленточного транспортера и шнекового транспортера с горизонтальной и вертикальной частями. Устройство позволяет выполнять ворошение и рыхление продукта сушки за счет пересыпания продукта с ленты на ленту модулей. Контроль и управление излучателями по температуре продукта в ходе сушки обеспечивает высокое качество сушеной выжимки.

Разработанная геометрия рабочего объема устройства обеспечивает температурную неравномерность продукта сушки не более 2,5°C при среднем значении 48 - 65°C. Энергетические затраты устройства составляют 1,2 - 1,4 кВт·час/кг испаренной влаги.

Разработанное устройство позволяет производить до 200 кг в сутки высококачественной сушки виноградной выжимки, сохраняющей биологически активные вещества исходного сырья.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Разуваев Н.И., 1975. Комплексная переработка вторичных продуктов виноделия. – М.: Пищевая промышленность. - 167.
2. Бывшев В.Ф., Разуваев Н.И и др., 1978. Переработка отходов виноделия за рубежом. – М. -18
3. Огай Ю.А., 2003. Конвективная сушка виноградной выжимки // Виноградарство и виноделие. - № 2, 24 - 27.
4. Гинзбург А.С., 1966. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность. – 407.
5. Лебедев П.Д., 1955. Сушка инфракрасными лучами. - М.: Госэнергоиздат. – 229.
6. Рогов И.А., 1976. СВЧ и инфракрасный нагрев пищевых продуктов/ И.А. Рогов. - М.: Энергия. - 472.
7. Блох А.Г., Ю.А.Журавлев, 1991. Теплообмен излучением: Справочник – М.: Энергоатомиздат. – 432.
8. Сперроу Э.М., Сесс Р.Д., 1971. Теплообмен излучением: – Л.: Энергия. – 294.

9. Суржиков С.Т., 2004. Тепловое излучение газов и плазмы. – М.: Изд-ву МГТУ им. Н.Э.Баумана,. – 544.

10. Chui E. H. and Raithby G. D., 1993. Computation of Radiant Heat Transfer on a Non-Orthogonal Mesh Using the Finite-Volume Method. Numerical Heat Transfer. - Part B, 23:269-288.

11. The Discrete Ordinates (DO) Radiation Model. Radiative Heat Transfer. Modeling Heat Transfer. Fluent 6.0 manual, 2001. // Help for Fluent 6.1 package. Fluent Inc.-Vol.11, 14 - 15.

12. Завалий А.А., Янович И.В.,Ю 2009. Система инфракрасного изотермического нагрева поверхности. // MOTROL. – №11В, 172 - 178.

13. Завалий А.А., Янович И.В., 2010. Оптимизация параметров дискретизации при моделировании систем инфракрасного нагрева методом конечных элементов// MOTROL. №12D, 201 - 211.

14. Завалий А.А., 2011. Оптико-геометрические модели проектирования отражающих поверхностей устройств инфракрасной сушки. // MOTROL. – №13С, 150 - 158.

15. Завалий А.А., 2012. Компьютерное тепловое моделирование и анализ инфракрасных систем равномерного облучения плоских поверхностей. – Авиационно-космическая техника и технология. – №1(88), 5 - 11.

16. Завалий А.А., Снежкин Ю.Ф., 2013. Устройства для инфракрасной сушки термолабильных материалов.// Промышленная теплотехника. - т. 35, №2, 23 - 29.

ENERGY EFFICIENCY UNIT OF INFRARED DRYING OF GRAPE POMACE IN A CONTINUOUSLY MOVING LAYER

Summary. The poster presents the infrared drying device, which ensures uniform heat exposure of the upper and lower surfaces of the drying belt conveyor. Sources of heat radiation are arranged in one plane with the plane of the conveyor belt, and the radiation is transmitted to the tape surfaces reflected from specular surfaces surrounding the tape. It was confirmed experimentally, that the device provides a product drying temperature unevenness not more than 2,5°C at average value from 48°C to 65°C. Energy costs of the device are 1.2 - 1.4 kW·h/kg of evaporated moisture. On the basis of this device, an infrared drying unit for grape pomace was designed. It consists of 6 modules of belt conveyor and screw conveyor with horizontal and vertical parts. The device allows for turning and loosening the drying product due to oversleeping product tape-to-tape. Control and management of the emitters on the product temperature during drying provides high quality dried pomace.

Key words: drying, vine pressing out, infra-red emitter, conveyor line, control of temperature.

АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Сергей Воложанинов, Алексей Завалий, Олег Кузовкин

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины
«Крымский агротехнологический университет»

Аннотация. Работа посвящена решению актуальной задачи послеуборочной переработки семян сельскохозяйственных культур в малых сельскохозяйственных предприятиях и направлена на повышение эффективности устройств для предварительной очистки семян путем создания условий для качественного разделения семенного вороха в аэродинамических устройствах очистки и сепарации.

Ключевые слова: предварительная обработка, семена, аэродинамическая сепарация.

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения производства продуктов питания семена сельскохозяйственных культур после уборки с поля следует как можно быстрее подготовить к длительному хранению. Операции подготовки к хранению следует разделять на операции послеуборочной или предварительной переработки, выполняемые в сельскохозяйственных предприятиях, и операции подготовки к хранению, выполняемые на специализированных хранилищах и перерабатывающих заводах. Чем выше качество послеуборочной переработки, тем выше стоимость семенного материала, продаваемого сельскохозяйственным производителем. Качественная переработка семян позволяет также сельскохозяйственному производителю самостоятельно готовить посевной материал.

Таким образом, послеуборочная переработка семян в условиях сельскохозяйственного предприятия является актуальной задачей механизации технологического процесса.

В последние годы большое количество сельскохозяйственных предприятий имеют незначительные посевные площади (от 1 до 15 тыс.га) и, соответственно, объемы семян сельскохозяйственных культур, не позволяющие эффективно использовать оборудование средней и большой производительности (10 тонн/час и более). В связи с этим актуальной является задача разработки оборудования с производительностью от 1 до 5 тонн/час, обеспечивающего высокое качество и эффективность предварительной переработки семян.

Основными видами послеуборочной переработки являются очистка семян от примесей и

семян, имеющих повреждения, сушка семян и сепарация или калибровка [1-4].

Очистку и калибровку семян сельскохозяйственных культур выполняют механически, используя силы инерции и гравитации, а также силы, возникающие при контакте семян с движущимися твердыми поверхностями и воздухом (аэродинамические силы). Комплексное использование этих сил реализуется в решетчатых сепараторах, триерах, центробежных сепараторах и аэросепараторах. В последнее время при выборе устройств сепарации предпочтение отдают не наносящим повреждения семенам атравматичным устройствам, к которым, в первую очередь, относят аэродинамические сепарирующие машины. Аэродинамические сепараторы могут обеспечивать широкий диапазон производительности, актуальный и для малого сельскохозяйственного предприятия. Качество сепарации таких машин существенно зависит от параметров взаимодействия вороха семян и потока воздуха. В процессе сепарации актуальной задачей является разработка методов взаимодействия семян и воздушной среды, обеспечивающих требуемое качество очистки.

В связи с вышесказанным целью данной работы является разработка малогабаритных устройств для аэродинамической сепарации семян сельскохозяйственных культур.

Актуальность поставленной цели определяется необходимостью комплексного производства и переработки семян сельскохозяйственных культур предприятиями-производителями сельскохозяйственной продукции.

Новизна работы заключается в конструкции

аэродинамического сепаратора для предварительной очистки семян сельскохозяйственных культур для малых сельскохозяйственных предприятий.

Эффект от внедрения результатов работы заключается в снижении себестоимости производства семян за счет снижения брака очистки и повышения степени сохранности семян.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Очистка семян сельскохозяйственных культур - наиболее ответственный этап после-уборочной обработки. На сегодняшний день использование сил инерции, гравитации реализуется в решетных, центробежных и аэродинамических сепараторах [1-6]. Целе-сообразность комплексного использования аэродинамической и решетной сепарации иллюстрирует рис.1.

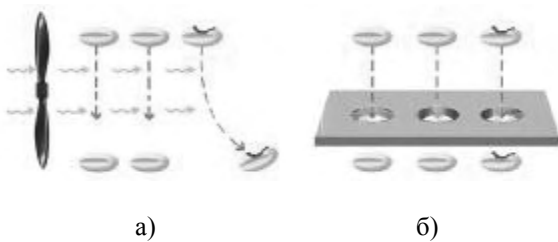


Рис. 1. Сортировка по удельному весу зерна в аэродинамическом сепараторе (а) и по размеру на решетках (б)

Fig. 1. Sorting by specific weight of grain in an aerodynamic separator (a) and through the sieve size (b)

Использование аэродинамических, центробежных и гравитационных сил в воздушном потоке позволяет разделять семена и частицы вороха по плотности, выделяя, в частности, из здоровых плотных семян семена большие, имеющие меньшую плотность из-за разрушенной микробами или плесенью сердцевин.

Основным недостатком работы сепараторов, использующих для очистки аэродинамические и центробежные силы, а также сепарацию на решетках является забивание проходных сечений и решет при повышенной влажности сепарируемого вороха.

Решением, позволяющим устранить эти недостатки, является разделение процесса очистки на два этапа с промежуточной сушкой: сначала выполняется аэродинамическая очистка вороха от легкого мусора, затем выполняется сушка

очищенного вороха, после чего сепарацию очищенного вороха осуществляют на решетках, обеспечивающих движение семян с отрывом от поверхности решет.

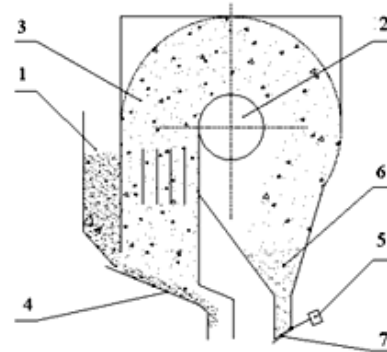


Рис. 2. Технологическая схема ПСМ

1 - бункер приемный; 2 - отверстие-заслонка; 3 - канал пневмосортировальный; 4 - сетка поддерживающая; 5 - груз клапана; 6 - камера осадочная; 7 - клапан

Fig. 2. Flowsheet PSM

1 - receiving hopper 2 - hole damper 3 - channel pneumosortirovalny 4 - Net supports 5 - load valve 6 - Camera sedimentary 7 - Valve

Аэросепарация осуществляется в машинах, использующих два различных способа разделения вороха семян в воздушном потоке. Так, в аэросепараторе ПСМ производства Кузубьевского РМЗ (республика Татарстан, Россия) вертикально направленный воздушный поток проходит сквозь поддерживающую сетку, на которой расположен ворох семян, подхватывает менее плотные фракции вороха и выносит их в осадочную камеру (рис.2.). Более плотные посевные семена скатываются по сетке в бункер.

В аэросепараторе СПС производства ОАО Воронежсельмаш (г.Воронеж, Россия) и аэросепараторе «Алмаз» производства ООО «Аэромех» (г.Луганск, Украина) в воздушный поток, направленный горизонтально или под углом, вбрасывается ворох семян (рис.3). Менее плотные фракции вороха сносятся потоком воздуха дальше от места вбрасывания, а более плотные семена падают вблизи места вбрасывания.

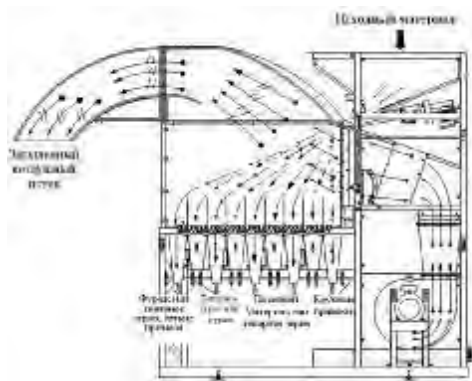


Рис. 3. Технологическая схема СПС и «Алмаз»
Fig. 3. Flowsheet ATP and "Diamond"

Недостатком схемы по рис.2. является неустойчивый характер витания легких фракций, приводящий к загромождению пневмосортировального канала и снижению производительности машины. Недостатком схемы НПО рис.3. является малое время пребывания семян в сносящем потоке, что ухудшает качество разделения на фракции.

По нашему мнению, схема по рис.3. может быть усовершенствована путем увеличения времени пребывания вороха семян в сносящем потоке воздуха. При изучении этого вопроса рассматривалось движение частицы вороха в объеме камеры при ее падении под действием силы тяжести и сносящего потока воздуха постоянной скорости. В качестве частицы принималась сфера определенного размера и массы. Схема сил, действующих на сферу показана на рисунке 4. На этой схеме \overline{F}_y - сила аэродинамического сопротивления воздуха, $m\overline{g}$ - сила тяжести, \overline{F}_c - сила сносящего потока воздуха. В задаче следовало определить траекторию движения частицы L , которая зависит от величины и направления равнодействующей прилагаемых сил.

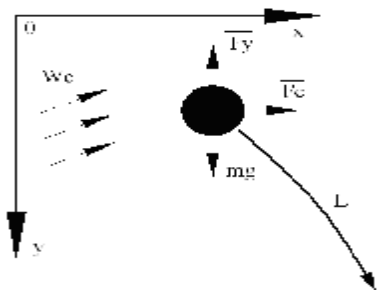


Рис. 4. Схема движения частицы под действием силы тяжести и давления сносящего потока воздуха
Fig. 4. The scheme of movement of a particle under the influence of gravity and pressure flow of air entraining

При решении задачи в проекциях на координатные оси получены уравнения для определения составляющих скорости по осям X и Y:

$$W_{x0}(t) = C_x \rho (W_c - W_x)^2 S \frac{t}{2m} - W_{x0},$$

$$W_{y0}(t) = \left(mg - C_x \rho (W_y^2 + W_{cy}^2) \frac{S}{2} \right) \frac{t}{m} + W_{y0}, \quad (1)$$

где C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления;

ρ - плотность воздуха при нормальных условиях (атмосферное давление, температура 15°C), кг/м³;

W_c - скорость потока воздуха ($W_c = \text{const}$), м/с;

W_x - горизонтальная составляющая скорости сферы (частицы), м/с;

S - площадь поперечного сечения частицы ($S = \pi r^2$, r - радиус частицы, м), м²;

t - время, с;

m - масса частицы, кг;

W_{x0} - горизонтальная составляющая скорости сферы в в начальный момент времени ее взаимодействия со сносящим потоком воздуха, направленная против сносящего потока, м/с;

g - ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с²;

W_y - вертикальная скорость составляющая скорости сферы (частицы), м/с;

W_{cy} - вертикальная скорость движения частицы, м/с;

W_{y0} - вертикальная составляющая скорости сферы в в начальный момент времени ее взаимодействия со сносящим потоком воздуха, направленная против сносящего потока, м/с.

Анализ движения частиц вороха семян для различных схем и режимов движения воздуха и вороха семян с помощью вычислительных моделей показал, что встречные сносящий поток воздуха и

поток зернового вороха при наличии вертикальных составляющих скорости их движения позволяют осуществлять предварительную сепарацию и очистку зернового вороха от примесей в компактных устройствах. При этом вертикальный снос приводит к увеличению времени пребывания частицы в горизонтальном сносящем потоке, что способствует увеличению разброса частиц различной плотности. Длительное пребывание сферы в сносящем потоке приводит к ее значительному смещению по горизонтальной оси. Для уменьшения такого смещения следует использовать горизонтальную скорость вбрасывания сферы в сносящий поток [7-11].

На основании приведенных выводов геометрия устройства для разделения семян по плотности может иметь вид, представленный на рис.5.

При высоте камеры - 0,8м, ширине - 0,5м и скорости воздушного потока $W=(10^2+8^2)^{1/2}=13$ м/с расход воздуха через камеру составит $5\text{ м}^3/\text{с}$ или $18000\text{ м}^3/\text{час}$.

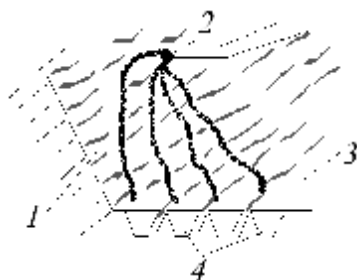


Рис.5. Схема аэросепаратора со встречным вбрасыванием вороха в сносящий поток воздуха

Fig. 5. Aeroseparatora scheme with a counter throw-heap in entraining air flow

Недостатком модели падения одиночной частицы является неучет взаимного действия всех частиц сепарируемого вороха в сносящем потоке, а также пульсационных составляющих всех скоростей. Для решения задачи сепарации вороха в турбулентном сносящем потоке нами использована конечно-элементная модель турбулентного взаимодействия в поле сил гравитации потока воздуха и вороха - потока, содержащего смесь воздуха с частицами различного размера и массы. Модель позволяет варьировать объемную долю частиц в ворохе, моделируя тем самым процесс сепарации различной массовой производительности. В качестве решателя конечно-элементной модели использована программа Fluent [12]. Конечно-

элементная модель представляет собой двумерную прямоугольную сеточную область размером 800×800 мм, содержащую $160000 - 180000$ четырехугольных элементов со стороной размером 2 мм. В качестве частиц использованы сферические гранулы диаметром 4мм. Гранулы подавались во входное отверстие сверху массовым расходом $1,5 - 2,0\text{ кг/с}$. Сносящий поток поступал в расчетную область через границу слева. Для решения использована *k-ε* турбулентная модель течения и эйлера модель многофазного течения.

Сравнение траекторий падения отдельных частиц и вороха показывает, что эффект разделения фракций при встречном вбрасывании вороха частиц усиливается по сравнению с одиночными частицами за счет уменьшения аэродинамического сопротивления движению частиц в ворохе при движении вороха навстречу сносящему потоку воздуха (см. рис. 6).

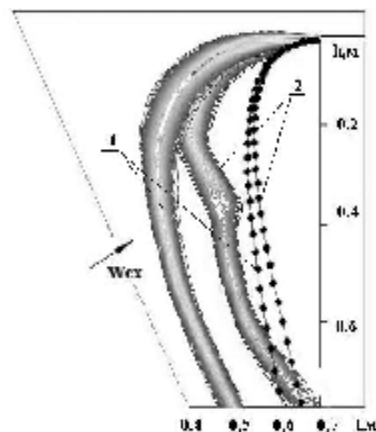


Рис.6. Сравнение траекторий падения одиночных частиц (линии с узловыми точками) и вороха частиц (контуры объемной доли частиц)

Fig. 6. Comparison of the trajectories of individual particles fall (line with nodal points) and a heap of particles (particle volume fraction contours)

$W_{cx}=8\text{ м/с}$; $W_{cy}=4\text{ м/с}$; $W_{xo}=2\text{ м/с}$; массовый расход гранул $1,25\text{ кг/с}$; 1 - плотность гранул 1100 кг/м^3 ; 2 - плотность гранул 1000 кг/м^3

Таким образом, моделирование падения вороха семян в сносящем потоке воздуха показывает, что разделение фракций при вбрасывании вороха навстречу сносящему потоку более выражено по сравнению с встречным вбрасыванием одиночных частиц. При этом сам характер разделения

АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

становится неустойчивым и приводит к увеличению разброса частиц в пределах одной фракции семян.

Полученные выводы являются основой для разработки на базе аэросепараторов типа СПС и «Алмаз» модифицированной малогабаритной конструкции аэросепаратора, предназначенного для небольших фермерских хозяйств.

Одними из основных конструктивных параметров являются размеры камеры аэросепарации.

Исходные данные:

- производительность по сменам – 2000 кг/час (0,56 кг/с);

- плотность семян – $\rho_c = 650 \dots 1000$ кг/м³.

Используя разработанную выше модель движения частиц в камере аэросепаратора, определим геометрические параметры камеры, направление и скорость движения сносящего потока воздуха, направление и скорость вбрасывания семян.

На рис.7 приведены траектории движения семян (минимальная плотность – 650 кг/м³, максимальная плотность – 1000 кг/м³) для следующих исходных данных:

h – высота падения, м; l – величина горизонтального смещения, м; t – время падения, с; W_x, W_y – горизонтальная и вертикальная составляющие скорости движения частицы, м/с; $W_{x0} = -3$ м/с, $W_{y0} = 0$ м/с – горизонтальная, направленная против движения сносящего потока, и вертикальная составляющие скорости движения частицы в начальный момент времени, м/с при $g = 9,807$ м/с²; $W_{cx} = 6$ м/с, $W_{cy} = 6$ м/с – горизонтальная и вертикальная составляющие скорости сносящего потока, м/с; $k = (C_x \cdot \rho \cdot S) / (2 \cdot m)$, ρ – плотность воздуха, кг/м³; $C_x = 0,6$ – коэффициент аэродинамического сопротивления частицы; m – масса частицы, кг; S – площадь поперечного сечения сферической частицы, м²:

Для определения высоты падения и величины горизонтального смещения в зависимости от времени и плотности семян из (1) получены выражения:

$$h(t, \rho_c) = \frac{-1}{2k\rho_c} + \sqrt{\frac{1}{4k\rho_c^2} + \frac{gt^2}{k\rho_c} + \frac{W_{y0}t}{k\rho_c} - W_{cy}^2 t^2}, \quad (2)$$

$$l(t, \rho_c) = W_{cx}t + \frac{1}{2k\rho_c} - \sqrt{\frac{W_{cx}t}{k\rho_c} + \frac{1}{4k\rho_c^2} - \frac{W_{x0}t}{k\rho_c}}. \quad (3)$$

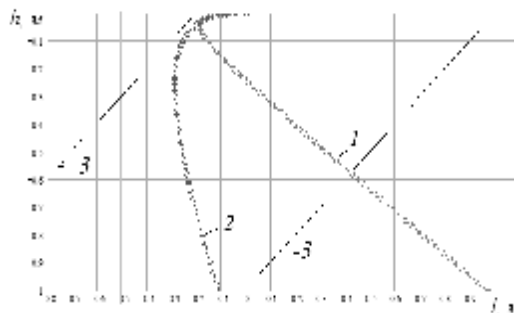


Рис.7. Траектории движения семян

Fig. 7. Trajectory of movement of seeds

1 – плотность частиц 650 кг/м³; 2 – плотность частиц 1000 кг/м³; 3 – линии границы потока воздуха

Представленный на рис.7 режим работы камеры аэросепарации обеспечивает макси-мальный разброс семян 1100 мм при времени падения частиц 0,85 с.

На основании данных расчета принимаем:

- высота камеры – 1000 мм;
- длина камеры – 1200 мм;
- скорость воздушного потока – 8,5 м/с;
- направление воздушного потока - 45°;
- скорость вбрасывания – 3 м/с;
- направление вбрасывания – 180°.

Расчет вбрасывающего бitera.

Цель расчета – определить геометрические размеры и частоту вращения бitera, обеспечивающего подачу семян в аэросепарационную камеру. Схема движения семян через бiter представлена на рис.8.

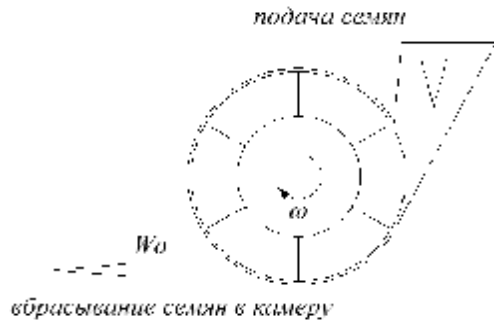


Рис.8. Схема битера

Fig. 8. scheme beater

Окружная скорость битера определялась по формуле:

$$\omega = \frac{V}{R}, \quad (4)$$

где V – скорость вбрасывания принимаем равной 3 м/с.

Площадь заполнения битера:

$$S_b = k\pi R^2, \quad (5)$$

где $k=0,002$ – коэффициент заполнения битера.

Массовый расход семян будет равен:

$$G = 2\pi \rho_s B_b S_b \omega, \quad (6)$$

где $\rho_s = 300 \text{ кг/м}^3$ – плотность вороха семян;

$B_b = 0,2 \text{ м}$ – ширина лопасти битера.

На рис.9 приведен график зависимости производительности битера, а на рис. 10 – частоты вращения вала от радиуса битерного вала в диапазоне от 80 до 150 мм.

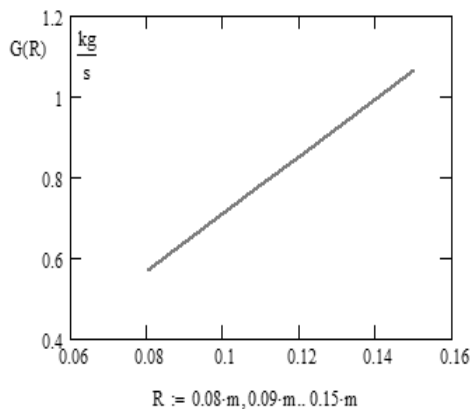


Рис.9. Производительность битера в зависимости от радиуса вала

Fig. 9. Performance of the beater according to the radius of the shaft

Как следует из графиков на рис.9, 10 битерный вал радиусом 120 мм и частотой вращения 4 об/с обеспечивает производительность 0,8 кг/с семян при ширине битерного вала 200 мм.

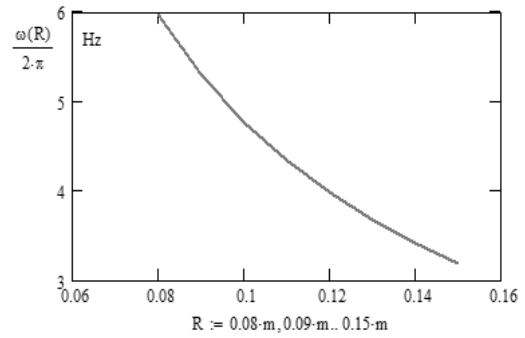


Рис.10. Частота вращения битера в зависимости от радиуса вала

Fig. 10. Rotational speed of the beater according to the radius of the shaft

Расчет производительности вентилятора.

В соответствии с рис.7 высота проточной части камеры (расстояние между линиями 3) составляет 850 мм. Ширину камеры примем равной ширине битерного вала плюс 100 мм, то есть 300 мм.

Тогда для обеспечения скорости потока воздуха 8,5 м/с, объемный расход воздуха составляет 2,1675 м³/с или 7803 м³/час.

Для скорости 8,5 м/с динамический напор воздуха составляет 46,08 Па, что обеспечивается низконапорными осевыми вентиляторами.

Общий вид предлагаемого сепаратора представлен на рис. 11. Аэросепаратор состоит из рамы 1, направляющего кожуха 2, сборников фракций 3,4, вентилятора 5, направляющих 6, патрубка выхода запыленного воздуха 7, рабочей камеры 8, бункера-питателя 9, привода 10, вибрлотка 11 и битера 12.

Семенной ворох поступает в бункер-питатель 9, где с помощью вибрлотка 11 равномерно распределяется по ширине рабочей камеры 8. Далее ворох вбрасывается в рабочую камеру битером 12 навстречу потоку воздуха, подаваемого в рабочую камеру 8 под углом 45° посредством вентилятора 5, направляющего кожуха 2 и направляющих 6.

Под действием воздушного потока из вороха выделяются тяжелые примеси (частицы камней, металла), которые падают в ближний к рабочей камере карман. Легкие включения и пыль выносятся через рабочую камеру в патрубок выхода запыленного воздуха 7. основной материал делится на фракции по удельному весу и аэродинамическому сопротивлению, которые направляются в сборники фракций. Промежуточные фракции отводятся в бункер и далее поступают на повторную обработку в бункер-питатель 9 или выводятся во внешний приемник зерна.

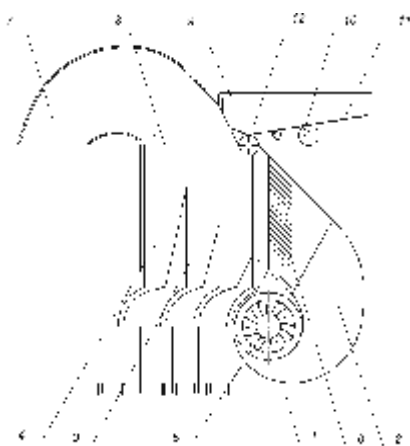


Рис. 11. Предлагаемая конструкция аэросепаратора

Fig. 11. The proposed design aeroseparatora

Основные технические характеристики предлагаемого устройства следующие:

- производительность 2000 кг/час;
 - потребляемая мощность 3,25 кВт/час;
 - количество электродвигателей 4;
- привод центробежного вентилятора:
- количество 2;
 - потребляемая мощность 1,5 кВт;
 - частота вращения 1475 об/мин;
- привод битера и вибрототка:
- потребляемая мощность 0,25 кВт;
 - частота вращения 1475 об/мин.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны модели движения одиночных частиц и вороха частиц в потоке воздуха, анализ которых показал, что существенно увеличить степень разделения частиц в аэросепараторе позволяет совместное использование сносящего потока воздуха, направленного под углом к линии горизонта, и вбрасывания вороха семян навстречу сносящему потоку.

2. Определены геометрические размеры камеры аэросепарации, скорость и направление движения сносящего потока воздуха, скорость и направление вбрасывания семян в камеру.

3. Разработана модификация конструкции аэросепаратора, в которой вбрасывание сепарируемого вороха семян осуществляется битерным устройством в направлении навстречу потоку сносящего воздуха, направленного под углом 45° к линии горизонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортников А.И., Шафоростов В.Д. О повышении эффективности сепарирования семенных смесей // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1982 №1, С. 25-27.

2. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. М: Колос, -1983. 495с.

3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Под ред. А.В. Красниченко. М: ГНТИ, 1961. 860с.

4. Машины для очистки семян. [Электронный ресурс]. – режим доступа: www.petkus.com.

5. Головков А.Н. Пневмосортировальные машины семейства ПСМ. // Центрально-Черноземная государственная зональная МИС. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://rmz.menzelinsk.ru/smi/4.html>.

6. Аэросепараторы. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.agrotech-almaz.com/product/general.html>.

7. Завалий А.А. Расчетный анализ внутренней аэродинамики пневмосепарирующей машины // Энергосберегающие технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сб. научн. работ Крымского государственного аграрного университета, Вып.122 (технические науки). – Симферополь, 2009. -С.26-34.

8. Батлук В., Сукач М., Басов М., Козира І. Застосування пилловловлення для вирішення проблеми техногенно-екологічного енергозбереження // Motrol motorization and power industry in agriculture, Volume 11 A Lublin, 2009, p.115-119.

9. Эпоян С., Сыроватский А., Карагяур А., Бабенко С. Повышение эффективности работы тонкослойного отстойника // Motrol motorization and power industry in agriculture, Volume 12 D Lublin, 2010, p.247-250.

10. Зайцев О., Борисенко К., Петрекевич Л., Лужанская А. Аэродинамика топков с высокофорсированными процессами отопительных котлов малой мощности // Motrol motorization and power industry in agriculture, Volume 12 D Lublin, 2010, p.80-85.

11. Завалий А.А., Воложанинов С.С. Исследование процесса аэродинамической сепарации зерна // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету Вип. 41 (технічні науки), 2012.- С.91-102.

12. CFD Fluent. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.fluent.com>.

AERODYNAMIC SEPARATION OF SEED OF AGRICULTURAL CULTURES IS IN SMALL DEVICES

Summary. Work is devoted the decision of task of the processing of seed of agricultural cultures in small agricultural enterprises and directed on the increase of efficiency of devices for pre-cleaning of seed by conditioning for the high-quality division of seminal lots in the aerodynamic devices of cleaning and separation.

Keywords: rough-down, seed, aerodynamic separation.

ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ НАКЛАДОК В СТЫКЕ С21Рн ИЗ АРМАТУРЫ КЛАССА А500С ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МАЛОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ.

Эльмар Меннанов, Николай Шевченко, Дмитрий Крамаренко

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Адрес рабочего места: г.Симферополь, ул. Павленко 3, корпус 2, ауд. 301.
E-mail: shevchenko.niko@mail.ru

Аннотация: В данной статье представляются к рассмотрению результаты исследований арматурного проката А500С на предмет различий в работе сварных стыков типа С21Рн по ГОСТ 14098-91 выполненных параллельно и со смещением. Даются рекомендации по выполнению сварных стыков из термोупрочненной стали.

Ключевые слова: А500С, С21Рн, парные боковые накладки со смещением.

ВСТУПЛЕНИЕ

В 2006 году вступил в силу ДСТУ 3760:2006 “Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия” [1]. Отличительной особенностью данного стандарта является введение применения нового обозначения класса арматурного проката. Класс проката А500С введен впервые в ДСТУ 3760-98 и является промежуточным, не имеющим аналога [2]. По способу производства классифицируется как термомеханически упрочненный. Однако тип стыковки данного проката описывается более ранним нормативным актом, ГОСТом 14098-91 “Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры” [3].

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В 2006 году введен в действие ДСТУ 3760:2006 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия.» (ISO 6935-2:1991,NEQ).

В основу данного стандарта положены требования к арматурному прокату, установленные в следующих зарубежных нормативных документах ISO 6934, ISO 6935, DIN 488, ENV 10080, BS4449, в части основных параметров и размеров, химического состава, механических свойств и методов испытаний. Стандарт распространяется на прокат арматурный гладкого и периодического профиля диаметром от 5,5 до 40 мм, предназначенный для армирования обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций.

С введением ДСТУ 3760-98 и ДСТУ 3760-2006 в Украине отменены ГОСТ 5781—82 и ГОСТ 10884—94 [4, 5].

Отличительной особенностью последнего стандарта является применение нового обозначения класса арматурного проката. Арматурный прокат (А) подразделяют на классы в зависимости от

показателя механических свойств и служебных свойств проката:

- свариваемый (с индексом С),
- стойкий против коррозионного растрескивания под напряжением (с индексом К),
- несвариваемый (без индекса С),
- нестойкий против коррозионного растрескивания (без индекса К).

Согласно ДСТУ 3760-2006 арматурный прокат изготавливают следующих классов:

- А240С - с гладким профилем;
- А400С, А500С, А600, А600С, А600К, А800, А800К, А800СК и А1000 - с периодическим профилем.

Класс проката А500С введен впервые. Класс проката А500С по способу производства классифицируется как термомеханически упрочненный, периодического профиля, Индекс «С» указывает, что прокат является свариваемым.

Согласно рекомендаций выполнять вертикальных стыковку стержней по вертикали следует по ГОСТу 14098-91 и по типу С21-Рн, который предполагает использование двух параллельных боковых накладок из стержней того же диаметра и материала.

С принятием ДБН 1.1-12.2006 “Строительство в сейсмических районах Украины” в Крыму сейсмика повсеместно выросла на 1 балл, что привело к увеличению бетонных работ и увеличению диаметров рабочих стержней [6].

Т.к. арматурные стержни имеют мерную длину, то возникает вопрос о их стыковке. Самой простой конструкцией могла бы быть стыковка в нахлестку, не требующая дополнительных затрат при монтаже арматурного каркаса. Однако это приводит к несоосности стыкуемых стержней и их деформированию при больших усилиях в элементе. Поэтому в колоннах и ригелях железобетонных каркасов зданий и сооружений допустимо использование только стыков с парными боковыми накладками, парными боковыми накладками со

смещением, а при стержнях Ø25 и более соединений выполненных ванно-шовным способом на стальной скобе-накладке. В силу более высоких физико-механических характеристик арматурного проката А500С перед А400С и трудоемкостью ванно-шовного соединения, основная масса стыков припадает на стык С21Рн по ГОСТу 14098-91 “Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры”. Данный нормативный акт в силу своего более раннего издания не имеет указаний по применению проката класса А500С.

Задачей данных исследований было:

1. Получение экспериментальных данных по работе сварных стыков со смещением боковых накладок согласно ГОСТ и без смещения (Рис.1. и Рис. 2.).
2. Влияние смещения боковых накладок на кратковременную малоцикловую усталость.

В Национальной академии природоохранный и курортного строительства нами была составлена программа, определена методика исследования и проведены испытания сварных стыков из арматуры класса А500С [7, 8, 9, 10, 11].

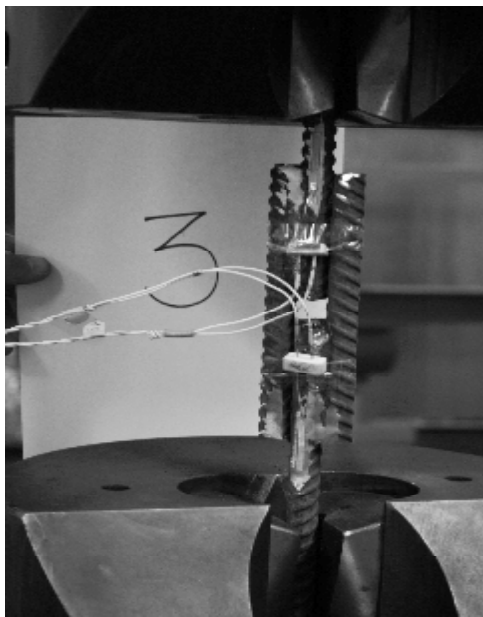


Рис. 1. Испытание образцов с боковыми накладками без смещения

Fig. 1. The test samples with side plates without bias

Для исследования работы сварных соединений было изготовлено 2 серии образцов по 16 стыков.

Применялась арматура Ø 16 класса А500С по ДСТУ 3760:2006. Сварка выполнялась вручную, на постоянном токе обратной полярности с односторонними протяженными швами в шахматном порядке. Электроды для сварки применялись с основным покрытием типа Э55А, марки УОНИ 13/55 Ø3 (Рис. 2, 3).

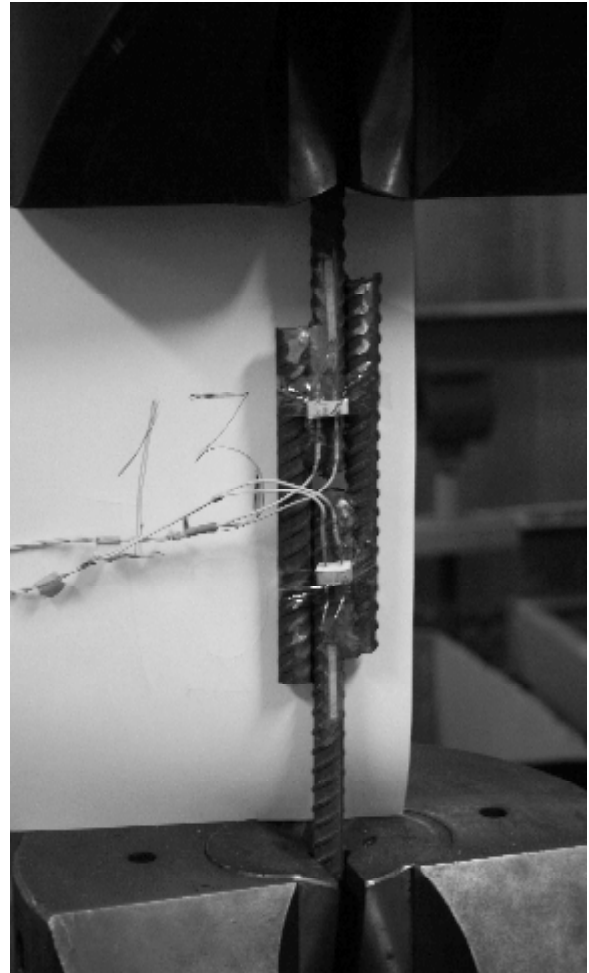


Рис. 2. Испытание образцов с боковыми накладками со смещением

Fig. 2. The test samples with side plates without bias



Рис. 3. Сварочные материалы

Fig. 3. Welding materials

ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ НАКЛАДОК В СТЫКЕ

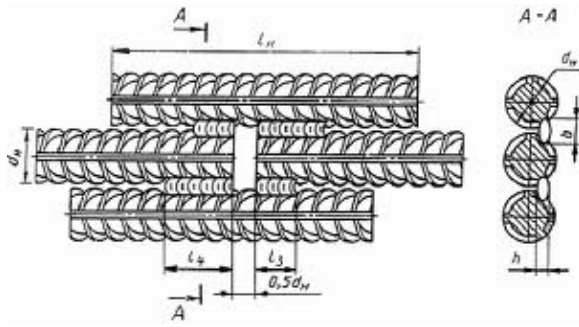


Рис. 4. Схема сборки под сварку

Fig. 4. Scheme of assembling for welding

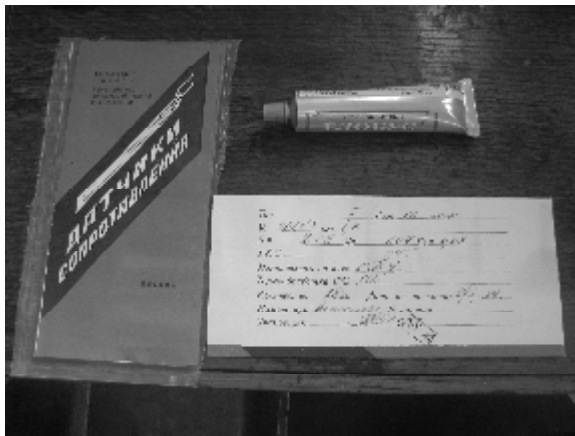


Рис. 5. Материалы для тензометрии

Fig. 5. Materials for tensometry

После этого, по ранее известной методике проведения тензометрических исследований были наклеены измерительные приборы (Рис. 5.). Тензодатчики устанавливают в точках возможных деформаций (Рис. 6.). Испытания проводились на разрывной машине МР-50 (Рис. 7.)

Величину деформации вычисляют через разность показаний двух отсчетов по цифровому тензометрическому мосту (1):

$$e = c_1 - c_0, \quad (1)$$

(где c – отсчет по прибору, измеряется в R (Ом)).

Оценка напряжений осуществляется путем измерения деформаций материала. Для перехода от измеренных деформаций к напряжениям в упругой стадии работы материала используют закон Гука, а в пластической - зависимостью между приведенными деформациями и приведенными напряжениями.

Испытания проходили следующим образом:

1. Из каждой серии из 16 сварных соединений один образец загружался ступенчато по 2,5 т. с доведением до разрушения. Остальные 15 стыков поделили на 5 партий по 3 шт., которые ступенчато загружались по 2,5 т. до 10 т. с последующей разгрузкой стыка (Рис. 8.). Различные партии подвергали 3, 5, 7, 10 и 15 циклов нагружений с последующим разрушением.

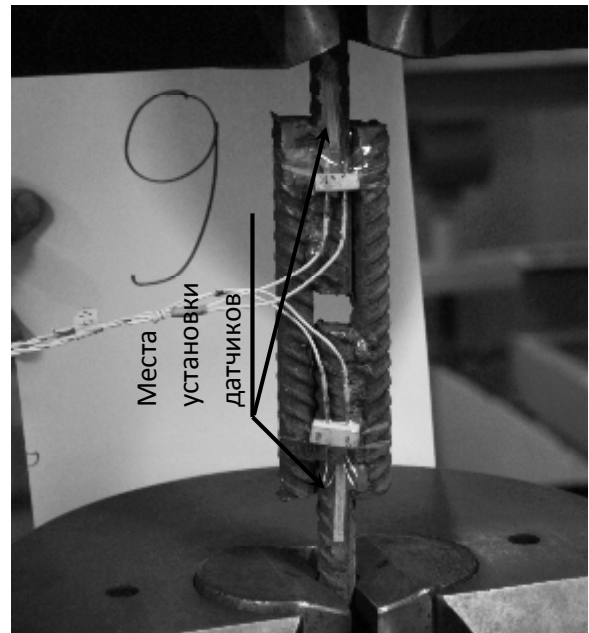


Рис. 6. Места установки тензодатчиков

Fig. 6. Installation locations strain gauges

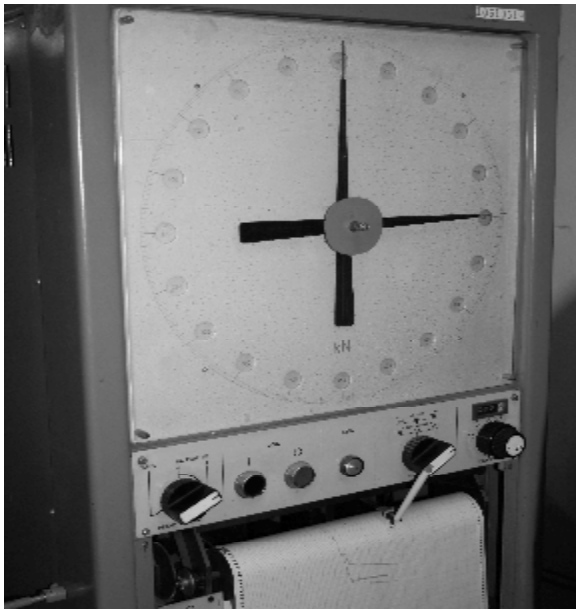


Рис. 7. Разрывная машина MR-50

Fig. 7. Breaking machine MR-50

2. Каждый этап контролировался показаниями тензодатчиков (Рис. 9).

3. Также в виде контрольного было испытан стержень в стадии поставки. (Рис. 10).

4. Проводились замеры длины образцов до и после испытаний.

Результаты испытаний сведены в таблицы (Табл.1. и Табл.2.) и графики.

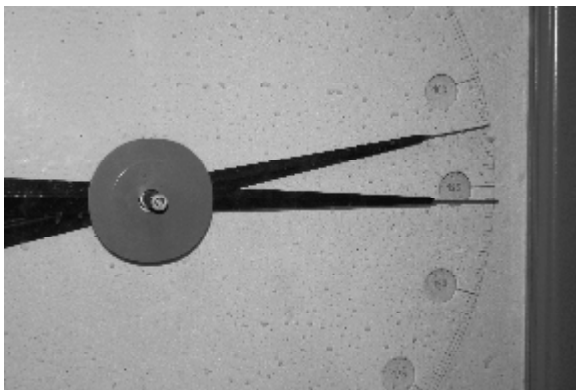


Рис. 8. Ступенчатое загрузеие образцов с последующим доведением до разрушения

Fig. 8. Step uploading samples, followed by adjustment to failure

Табл.1. Серия с боковыми накладками без смещения

Table 1. Series with side plates without bias

	№ образца	Удлинение, %	Усилие на разрыв, т.	Среднее усилие на разрыв, т.
1 цикл	1	≈ 8	12,5	12,5
3 цикла	2		12,7	
	3	≈ 8	12,5	12,5
	5		13,3	
5 циклов	6		12,5	
	7	≈ 8	12,8	12,7
	8		12,8	
7 циклов	9		12,6	
	10	≈ 8	12,4	12,64
	11		12,92	
10 циклов	12		12,6	
	14	≈ 8	12,5	12,5
	15		12,4	
15 циклов	16		12,5	
	17	≈ 8	12,5	12,46
	18		12,04	

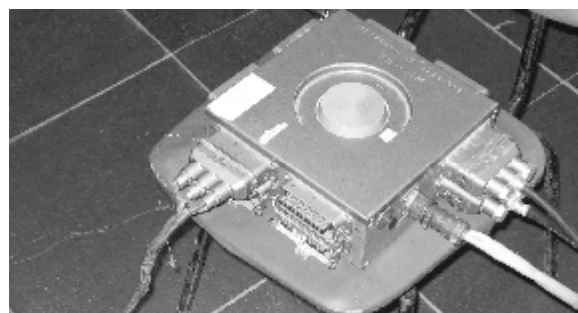
ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ НАКЛАДОК В СТЫКЕ

А)

Табл.2. Серия с боковыми накладками со смещением

Table 2. Series with side plates shifted

	№ образца	Удлинение, %	Усилие на разрыв, т.	Среднее усилие на разрыв, т.
эталон	4	≈ 8	12,8	12,8
1 цикл	34	≈ 8	12,6	12,6
3 цикла	20	≈ 8	12,6	12,6
	32		12,48	
	33		12,72	
	29		12,58	
5 циклов	30	≈ 8	13,16	12,85
	31		12,8	
	26		12,88	
7 циклов	27	≈ 8	12,76	12,75
	28		12,6	
	13		12,7	
10 циклов	24	≈ 8	12,96	12,63
	25		12,24	
	21		12,56	
15 циклов	22	≈ 8	12,44	12,53
	23		12,58	



Б)

Рис. 9. Снятие показаний тензометрии
А) ЦТМ-3; Б) ПД-100М

Fig. 9. Reading of tensometry
А) СТМ-3; Б) PD-100M



Рис. 10.. Испытания арматурного стержня в стадии
поставки

Fig. 10. Tests a reinforcing bar being supply



Рис. 11.. V-образный долом стыков со смещенными накладками

Fig. 11. V-shaped fuller with staggered joints plates



Рис. 12.. Короновидный долом стыков без смещенных накладок

Fig. 12. Crownlike fuller offset joints without plates

Отличительной чертой разрушения образцов являются разные формы долома образцов. У сварных соединений со смещенными накладками он носил V-образный вид, а у образцов без смещения короновидный вид (Рис. 11, 12).

ВЫВОДЫ

Разрушения всех образцов произошло по основному металлу рабочей арматуры. Смещение боковых накладок у образцов привело к увеличению усилия разрыва на 150...300 кг.

Выявлена зависимость формы долома образца от размещения накладок. Получены данные о том что после 15 циклов нагружений усилие на разрыв остается выше чем нормируемое усилие на разрыв для стержня в стадии поставки на 400...500 кг. Даже при больших тепловложениях временное сопротивление арматурных стержней остается высоким.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия. (ISO 6935-2:1991, NEQ): ДСТУ 3760:2006 – [действующий с 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт Украины. – 28.
2. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия. ДСТУ 3760-98 – [действующий с 1999-01-01]. – К.: Держспоживстандарт Украины. – 20.
3. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры: ГОСТ 14098-91. – [действ. с 1992-07-01]. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР. – 37.
4. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия: ГОСТ 5781—82. – [действ. с 1982-12-17]. – М.: Госстрой СССР. – 18.

5. Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия.: ГОСТ 10884—94. – [действ. с 1996-01-01]. – К.: Госстандарт Украины, 1996. – 18 с.

6. Строительство в сейсмических районах Украины, 2006. Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины // ДБН В.1.1-12-2006. – К.: ИСС «ЗОДЧИЙ». – 50.

7. Меннанов Э., 2010. К вопросу надежности и долговечности сварных соединений строительных конструкций / Э. Меннанов, Г. Ажермачев, А. Абдурахманов, Э. Меннанов // MOTROL. – №12D, 162 – 167.

8. Ажермачев Г., Меннанов Э., Шевченко Н., 2013. Методы расчета рабочей арматуры колонн железобетонных конструкций, работающих в условиях циклического нагружения // MOTROL. – Vol.15, №5, 77 – 82.

9. Mennanov E., 2009. The application of energy absorbers in the dynamic systems/ G. Agermachev, A. Abdurakhmanov, E. Mennanov // MOTROL. – № 11A, 59 – 63.

10. Макаров Р.А., Ренский Л.Б. и др., 1975. Тензометрия в машиностроении. – М.: Машиностроение. – 288.

11. Моцохин С.Б., 1985. Контроль качества сварных соединений и конструкций. М.: Стройиздат. – 232.

12. Инструкция по сварке соединений арматуры и закладных деталей железобетонных конструкций.: СН 393-78. – [действ. с 1978-09-04] - М.: Стройиздат. - 135.

13. Шевченко Н., Меннанов Э., 2009. Исследование работы сварных стыковых соединений арматурного проката класса А500С с уменьшенными боковыми накладками. // MOTROL. - №11B, 133 – 139.

INFLUENCE OF ASYMMETRY LOCATION LININGS IN JOINTS S21Rn FROM CLASS OF REINFORCEMENT A500S AT LOW-CYCLE FATIGUE RESERCH

Summary. In this paper are presented for the consideration of the results of research rebar A500S for differences in the types of welded joints in accordance with GOST 14098-91 S21Rn executed in parallel and offset. The recommendations on the implementation of welded joints of heat-strengthened steel.

Key words: A500S, S21Rn, pair.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЭКОСИСТЕМ ПРИМОРСКИХ ГОРОДОВ

(на примере г. Феодосия)

Анна Муровская, Сергей Федоркин

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
АР Крым, г. Симферополь, ул. Киевская 181
e-mail: murovskay@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты комплексных геоэкологических исследований территории г. Феодосия и определены коэффициенты опасности экосистем функциональных зон города. Для Феодосии, на примере предприятия по обеспечению нефтепродуктами, выявлено загрязнение почв, грунтовых вод и прибрежной зоны моря нефтепродуктами. Рассмотрены технические решения по удалению нефтепродуктов из грунтовых вод и локализации очага загрязнения.

Ключевые слова: коэффициент опасности экосистемы, загрязнение нефтепродуктами, почва, грунтовые воды, прибрежная зона моря, Феодосия.

ВВЕДЕНИЕ

Под загрязнением понимают природное или антропогенное увеличение содержания различных веществ в абиотических и биотических компонентах экосистемы, обуславливающее негативные токсико-экологические последствия. Загрязнению подвержены все компоненты экосистемы: атмосферный воздух, почвы, грунтовые воды и поверхностные водоемы [1, 2].

Одним из наиболее распространенных видов загрязнения приморских городов, имеющих в своем составе промышленные предприятия по добыче, переработке, транспортировке и хранению нефтепродуктов, является загрязнение нефтью основных компонентов экосистемы [3].

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В последние 5...10 лет практически во всех городах Крыма фоновое содержание нефтепродуктов в почвах увеличилось с 100 мг/кг до 200...250 мг/кг, Феодосия в этом отношении не явилась исключением. Увеличение транспортных потоков [4,5], эксплуатация объектов отопительного комплекса города [6], наличие предприятия по перевалке нефти и продуктов ее переработки в итоге привело к увеличению фонового содержания нефтепродуктов в почвах города до 240 мг/кг.

Испаряющиеся нефтепродукты, загрязняя атмосферный воздух, выпадают вместе с атмосферными осадками, тем самым расширяя ареол загрязнения. Значительная часть нефтепродуктов, попадая в почву, вызывает негативные изменения ее физико-химических

свойств (приводит к дефициту кислорода, азота и фосфора) [7]. Часть пролитых нефтепродуктов, просачивается в почву и достигает уровня поверхности грунтовых вод, образуя зону загрязнения распространяясь по площади и

смещаясь в сторону потока грунтовых вод, которая в свою очередь выносится в прибрежную зону моря. Просочившиеся нефтепродукты создают значительную экологическую угрозу водоносным горизонтам, а также водоемам, так как содержание нефтепродуктов (0,05 мг/л) делает морскую воду непригодной для рыбохозяйственной деятельности и купания [8].

Следовательно, для приморских городов, с целью не допущения загрязнения морской акватории нефтепродуктами, необходимо принятие мер по уменьшению проливов нефти, локализации очагов загрязнения и проведение работ по очистке загрязненных территорий, обеспечивая тем самым экологически безопасное существование экосистемы и человека [9, 10].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследования показывают, что крупные города, а тем более промышленно-городские агломерации (ПГА) оказывают влияние на окружающую среду в радиусе, превышающем их собственный размер в 50 и более раз. Масштаб антропогенного давления на окружающую природную среду (ОПС) в пределах урбанизированных территорий определяется площадью ПГА, плотностью застройки, степенью развития санаторно-курортного комплекса и

отраслями промышленности, обеспечивающими их функциональную деятельность [11].

Город Феодосия, крупнейший город Юго-Восточного Крыма с населением 115,5 тыс. человек и протяженностью береговой линии более 35 км, является рекреационно-промышленным городом и следовательно, экологическое состояние прибрежной зоны моря, является важным аспектом для экономического развития региона.

На территории города в процессе хозяйственной и рекреационной деятельности возникли потенциальные зоны экологического риска и намечающегося экологического кризиса, из-за масштабов геохимического загрязнения экосистемы: атмосферный воздух - почвы - грунтовые и поверхностные воды - прибрежные морские воды.

Для анализа экологического состояния функциональных зон урбанизированной территории города был рассчитан коэффициент опасности ($K_{оп}$) экосистемы по методике [12] который составил для: курортно-рекреационной зоны – 1,12; курортно-селитебной зоны – 0,70; селитебной зоны – 0,42; селитебно-промышленной зоны – 1,70; промышленной зоны – 2,40.

Автором в 2010 г, в рамках выполнения работы по геоэкологическому исследованию территории г. Феодосия сотрудниками НАПКС, был проведен отбор проб почв и техногенных отложений

в промышленной зоне города, с целью выявления причины аномального геохимического загрязнения (рис. 1).

Расположенное в промышленной зоне города, Феодосийское предприятие «Нефтебаза» с 75-летней историей развития, является одним из крупнейших предприятий Украины в области предоставления услуг по перевалке нефти и светлых нефтепродуктов [13] с объемом резервуарного парка 280000 м³, располагается в Северо-Восточной части города, в непосредственной близости от жилых кварталов и лечебно-оздоровительных учреждений (30...60 м), что является нарушением [14]. Удаление предприятия от береговой черты Феодосийского залива составляет 500 м.

Проведенные исследования пространственного распределения нефтепродуктов в почвах и техногенных отложениях на территории санитарно-защитной зоны «Нефтебазы» представлены в табл. 1.

Превышение фоновых значений содержания нефтепродуктов в отобранных пробах (5...10 раз) свидетельствует о возможных нарушениях технического процесса слива, хранения и отпуска нефтепродуктов, которые могли возникать в течение длительного периода эксплуатации данного объекта.

До 1997 г перекачка нефти со стороны моря к резервуарам осуществлялась от швартовых бочек гибкими шлангами до береговой черты, а затем по



Рис. 1. Схема отбора экологических проб на территории промышленной зоны города (район предприятия «Нефтебаза»)

Fig. 1. Chart of selection of ecological tests on territory of industrial area of city (the district of enterprise «Neftebaza»)

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЭКОСИСТЕМ

Таблица 1. Результаты исследований по определению содержания нефтепродуктов в почвах

санитарно-защитной зоны «Нефтебазы»

Table 1. Results of researches of maintenance of oil are in soils of sanitary-hygienic area of «Neftebazy»

№ п/п	Полевой №	Наименование материала	Сф, мг/кг [15]	Содержание нефтепродуктов, мг/кг
1	106н	Почва, 0,0-0,05 м	240	928,0
2	107н	Почва, 0,0-0,05 м		810,0
3	111н	Почва, 0,0-0,05 м		1330,0
4	114н	Почва, 0,0-0,05 м		1320,0
5	122н	Техногенные отложения		360,0

проложенным подземным металлическим трубам. После вывода из эксплуатации участка подземного нефтегона, расположенного на территории завода «Стройдеталь», была построена эстакада, по которой транспортирование нефти и нефтепродуктов стали осуществлять по наружным трубам.

Исходя из сложившейся ситуации по планируемому переориентированию деятельности завода «Стройдеталь», целесообразно проведение комплексной экологической оценки территории с учетом детального обследования места залегания выведенного из эксплуатации и не демонтированного подземного нефтепровода.

На территории завода «Стройдеталь» автором были отобраны пробы воды из пробуренных скважин глубиной 1,5...2,5 м с целью

проведения детального обследования загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами (рис. 2).

В табл. 2 представлены результаты аналитических исследований грунтовых вод на содержание нефтепродуктов из пробуренных скважин территории завода «Стройдеталь».

Анализируя полученные результаты отобранных проб воды из пробуренных скважин можно сделать вывод, что нефтепродукты, находящиеся на глубине до 2,5 м, могут быть сброшены в прибрежную зону моря при выполнении строительных работ (работа строительной техники, нарушение целостности покрытия территории, укладка железобетонных плит, дноуглубительные работы).



Рис. 2. Схема отбора экологических проб грунтовых вод из пробуренных скважин на территории завода «Стройдеталь»

Fig. 2. Chart of selection of ecological tests of ground-waters from the bored mining holes there is «Stroydetal'» on territory of factory

Таблица 2. Результаты определения концентрации нефтепродуктов в грунтовых водах из скважин на территории завода «Стройдеталь»

Table 2. Results of determination of concentration of oil of ground-waters from mining holes on territory of factory «Stroydetal'»

№ п/п	Полевой №	Место отбора проб	Содержание, мг/л
ПДК, мг/л [16]			0,05
1	154н	Скважина №1, глубина 2,2 м	158,0
2	155н	Скважина №2, глубина 1,5 м	1,47
3	156н	Скважина №3, глубина 1,5 м	2200,0
4	157н	Скважина №4, глубина 1,5 м	1,32
5	159н	Скважина №5, глубина 2,2 м	175,0
6	161н	Скважина №6, глубина 1,5 м	26600,0
7	162н	Скважина №7, глубина 2,2 м	1,32
8	163н	Скважина №8, глубина 2,5 м	0,37

По данным проведенных экологических изысканий на территории завода «Стройдеталь» выявлено сформировавшееся пятно загрязнения с высоким содержанием нефтепродуктов площадью 24 тыс. м², нижняя граница пятна расположена в 100 м от береговой черты.

Почвы на территории завода представлены известняками и гравелитами, ниже залегают среднезернистые пески, подстилаемые глинами, представляющими местный водоупор. Уклон грунтового потока равен $i = 0,016$.

Коэффициент фильтрации воды в разрезе с преобладанием известняков и гравелитов составляет $k_{\phi} = 10$ м/сут. Пористость грунтов на исследуемой территории составляет $m = 0,135$.

Верхняя граница зоны полного насыщения нефтепродуктами и водой залегает на глубине $H = 1,5$ м. Глубина нижней границы загрязнения грунтовых вод с нефтепродуктами $L = 2,5$ м.

Исходя, из возможного загрязнения прибрежной зоны моря при миграции пятна с высоким содержанием нефтепродуктов рассчитана фильтрационная скорость продвижения потока по формуле Дарси [17]:

$$V = k_B \cdot i, \quad (1)$$

где: k_{ϕ} – коэффициент фильтрации воды в разрезе с преобладанием известняков и гравелитов; i – уклон грунтового потока.

Истинная скорость движения воды в порах грунта будет выше и определяется по формуле (2):

$$V_{ИСТ} = V / m, \quad (2)$$

где: m – пористость грунтов.

Согласно проведенным расчетам через 24 года возможен самопроизвольный выток нефтепродуктов в прибрежную зону залива с созданием условий непригодных для рыбохозяйственной деятельности и купания. С целью недопущения создания критической ситуации необходимо на настоящий момент проведение специальных инженерных мероприятий по локализации очага загрязнения, очистке грунтов и грунтовых вод от нефтепродуктов и рекультивация почвенного покрова.

В качестве технологии удаления нефтепродуктов и локализации очага загрязнения, возможно применение различных методик и технических решений, основанных на физико-механических свойствах нефтепродуктов: слабая растворимость в воде и меньшая плотность [18].

Выбранные технологии и технические решения должны применяться для:

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЭКОСИСТЕМ

- для незастроенной территории или на территории, где здания и сооружения демонтируются;

- для участков с малым уклоном поверхности земли;

- для глубин залегания области скопления нефтепродуктов не превышающих 10 м.

Одной из методик по удалению нефтепродуктов с загрязненных территорий, является технология, разработанная А.И. Головановым и А.А. Маматовым [19]. Отличие данной технологии заключается в том, что загрязненная территория, прежде всего, ограждается водонепроницаемой стеной в грунте во избежание загрязнения подземных и поверхностных вод. После этого на огражденной территории бурятся скважины на всю мощность горизонта, а на предварительно спланированной поверхности с помощью земляных валиков устраивают чеки наподобие чеков рисовых оросительных систем.

В скважины нагнетается вода. Происходит вытеснение вверх грунтовых вод и нефтепродуктов до тех пор, пока зона полного насыщения достигнет поверхности земли. После этого подачу воды в скважины прекращают, а в чеках создают небольшой слой воды. Нефтепродукты всплывают на поверхность воды, а в почву и в подстилающий грунт впитывается такой же объем воды. Всплывшие нефтепродукты, переливаясь через валики, попадают в канал, а из него в сборную емкость в виде небольшого бассейна, вырытого в грунте внутри огражденной территории. Чеки подпитывают водой так, чтобы слой всплывших нефтепродуктов не касался поверхности почвы.

В сборном бассейне нефтепродукты расслаиваются с водой, их выкачивают в автоцистерны и транспортируют на ближайший нефтеперегонный завод для очистки и последующей утилизации. Естественно, что используемая для вытеснения вода будет с большим содержанием нефти, ее также необходимо подвергнуть очистке перед сбросом в водоприемник, поэтому технология очистки должна быть такой, чтобы минимизировать объем загрязненных технологических вод.

После окончания этапа гидравлического вытеснения нефтепродуктов загрязнение почвенного горизонта остается еще очень высоким, загрязнен также грунт, из которого сделаны валики. Поэтому необходимы специальные мероприятия по доочистке территории другими способами и рекультивация разрушенного почвенного покрова.

ВЫВОДЫ

1. Рассчитанные коэффициенты опасности для территории г. Феодосия позволили выделить функциональные зоны с наибольшей степенью загрязнения. Проведенные геоэкологические исследования территорий функциональных зон с $K_{оп} > 1$ позволили выявить основные источники загрязнения экосистем нефтепродуктами.

2. По данным проведенных экологических изысканий на исследуемой территории выявлено сформировавшееся пятно загрязнения грунтовых вод с высоким содержанием нефтепродуктов. Рассчитан временной интервал вытока нефтепродуктов в прибрежную зону Феодосийского залива.

3. Рассмотрен вариант удаления нефти из грунтовых вод на территории завода «Стройдеталь» с целью локализации очага загрязнения, позволяющего решить проблему недопущения вытока нефтепродуктов в прибрежную зону Феодосийского залива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bezpieczenstwo ecologiczne regionu teoria i praktyka : monografia, 2013. / N. Wietrowa, S. Fedorki, A. Kusz, E. Krasowski. — Lublin-Simferopol, PAN. — 249.
2. Муровский С. 2009. Особенности рассеивания "невесомой" примеси в приземном слое атмосферы в условиях горного рельефа // MOTROL. – Vol. 11 A, 265 - 271.
3. Пиковский Ю. 1988. Трансформация техногенных потоков нефти и почвенных экосистем. – М.: Наука. — 23.
4. Murovskaya A., 2011.: Influence of vehicles on pollution of atmospheric air of seaside towns//ТЕКА – XI. — 73 - 81.
5. Krasowski E., Glinski J, 2012. Ekologiczne problemy miejskiego transportu samochodowego// MOTROL. – Vol.14, №5, 183 - 188.
6. Муровская А. 2012. Экологическая оценка применения комбинированных теплонасосных станций для теплоснабжения приморских городов (на примере г. Феодосия) // MOTROL. Vol. 14 , № 1, 94 - 98.
7. Хазиев Ф.Х. 1981. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активизация разложения нефти. – М.: Агроимия. — 111.
8. Водный кодекс Украины (с изменениями). 1995: Відомості Верховної Ради (ВВР). — 189.
9. Ветрова Н. 2012. Экологический аудит и экологический мониторинг в управлении экологической безопасностью региона // MOTROL. Vol. 14, № 1, 82 - 87.
10. Ветрова Н., 2010. Устойчивость окружающей природной среды и оценка уровня

экологической безопасности региона// MOTROL. – №.12С, 114 - 119.

11. Муровская А., Сапронова З., Садыкова Г., Иваненко Т., Карнаух Е., 2011. Городская планировка и ее воздействие на экологическое состояние города (на примере г. Феодосия)// Мат. XIX межд. научно-практической конф. – Харьков: УкрГНТИЦ «Энергосталь», 280—287.

12. Акимова Т., Кузьмин А., 2001. Экология природа-человек-техника. – М.: ЮНИТИ. — 318.

13. Паспорт г. Феодосия. Социально-экономические показатели на 2011 г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.feo.ua.

14. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. 2003. СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03. – [действующий]. – М.: МОЗ СССР. — 96.

15. Геоэкологическое и санитарно-гигиеническое состояние Большой Феодосии., 2010. Тарасенко В., Сапронова З., Муровский С., Муровская А. и др. — Крымская академия наук. — 320.

16. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения, 2001: СанПин 2.1.5.1059-01. – М.: МОЗ СССР. — 17.

17. Башта Т., Руднев С., Некрасов Б. и др., 1982. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы.: – М.: Машиностроение. — 423.

18. Химия нефти и газа: справочник., 1989. А. Богомолов, А. Гайле, В. Громова и др. – Л.: Химия. — 424.

19. Пат. России №2098549, 1997. Способ очистки грунтов и грунтовых вод от нефтепродуктов/ А. Голованов, А. Маматов: заявитель и патентообладатель Московский гос. университет природообустройства. – Оpubл. 10.12.1997. - Бюл. №11. – 4 .

COMPREHENSIVE APPROACH TO AN ASSESSMENT OF CONTAMINATION BY OIL PRODUCTS OF ECOSYSTEMS OF SEASIDE CITIES (an example Feodosiya)

Summary. The results of complex geoeological researches of territory are presented in the article Feodosiya and the coefficients of danger of ecosystem of functional areas of city are certain. For Feodosiya, on the example of enterprise on providing oil, contamination of soils is exposed, ground-waters and off-shore area exterminating oil. Technical decisions are considered on deleting of oil from ground-waters and localization of hearth of contamination.

Key words: coefficient of danger of ecosystem, contamination, soil, ground-waters, oil, off-shore area exterminating, Feodosiya.

МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАКТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ БЕТОНОВ НА ОТХОДАХ КАМНЕПИЛЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ РАКУШЕЧНИКОВ И ЖИДКИХ СТЕКЛАХ С СИЛИКАТНЫМ МОДУЛЕМ $M_c = 1,5 \dots 1,7$, ПОСЛЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

Елена Носатова

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181,

e-meil: pk@napks.edu.ua

Аннотация: представлены оптимизации составов облегченных бетонов с использованием карбонатных отходов, доменных шлаков и модифицированного жидкого стекла с $M_c = 1,5 \dots 1,7$. Установлены параметры прочностных характеристик, средней плотности и устойчивости к атмосферным воздействиям.

Ключевые слова: жидкое стекло, доменный гранулированный шлак, шлакощелочное вяжущее, вещество, тонкость помола, плотность раствора, прочность, математическая обработка

ВВЕДЕНИЕ

Шлакощелочной цемент (ШЩЦ) является конкурентом на рынке вяжущих материалов обычному портландцементу и его разновидностям. На ряду с конкуренцией, ШЩЦ одновременно дополняет, и расширяет возможности этого рынка, области его использования, дает возможность расширить базу выпуска самых разнообразных по назначению строительных материалов, изделий и конструкций. Тем самым усиливается строительный потенциал регионов и государства в целом. Если рассмотреть вопрос использования ШЩЦ и бетонов на их основе в плоскости экологической безопасности и охраны окружающей среды, то также видны значительные положительные факторы применения этого материала в строительной индустрии. Использование отходов промышленных производств актуальная проблема для любого государства.

Известно, что наиболее эффективным щелочным компонентом шлакощелочного вяжущего (ШЩВ) являются жидкие стекла, позволяющие получать высокопрочные шлакощелочные вяжущие с наибольшей коррозионной стойкостью, морозостойкостью и рядом других специальных свойств. Однако существенным недостатком жидкого стекла являются его высокая стоимость по сравнению с другими щелочными компонентами ШЩВ и короткие сроки схватывания ШЩВ на его основе. В настоящее время не достаточно изучены физические, механические, технологические и эксплуатационные свойства ШЩВ, а в частности конструкционно-теплоизоляционных бетонов на основе жидких стекол с силикатным модулем ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и отходах камнепиления известняков – ракушечников Первомайского карьера. Обширные данные, по исследованию ШЩВ на основе

силикатного стекла с кремнеземистым модулем ($M_c = 1$) и ($M_c = 2$), представлены в работах В.Д. Глуховского [7], П.В. Кривенко[8], В.А. Ракша[9], Г.В. Румына[10], Ю.А. Шеплякова[11] и др. Наиболее существенные исследования ШЩВ на основе жидких стекол с силикатным модулем $M_c = 1,4 \dots 1,6$, полученных механохимической активацией, приведены в [12]. Однако остаются малоисследованные области свойств ШЩВ и бетонов на их основе с использованием силикатного стекла ($M_c = 1,5 \dots 1,7$) и отходов камнепиления известняков ракушечников. К таким областям можно отнести влияние силикатного модуля в пределах $1,5 \dots 1,7$, плотности водного раствора жидкого стекла, раствора – шлакового соотношения, тонкости помола шлака на технологические и механические свойства ШЩВ и бетонов на его основе.

В качестве основного состава бетона выбран оптимальный состав по результатам проведения оценочного 2-х факторного рототабельного плана, в котором исследовались зависимости прочности на сжатие после ТВО (2+3,5+4,5 70°C), плотности бетона и однородности поверхности при варьировании факторов (количество щебня и шлака).

Основной состав в натуральных величинах имеет вид: Щ – 850 кг; П – 804 кг; Ш – 513 кг; Жст – 190 л.

В дальнейших исследованиях решено оценить влияние количества добавки белого известняка нумулитового в шлак, Р/Ш соотношения и плотности жидкого стекла на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО по режиму (2+3,5+4,5 - 70°C (выдержка + подъем + изотермия))

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данной работы является получение ШЩБ оптимального состава для производства стеновых строительных изделий.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- использование карбонатных отходов камнепиления нумулитового известняка как добавки при совместном помоле с доменными гранулированными шлаками.
- влияние количества добавки белого известняка в шлак на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО по

режиму (2+3,5+4,5 - 70°C (выдержка + подъем + изотермия)).

- влияние Р/Ш отношения на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО

- влияние плотности жидкого стекла на прочность, плотность и высолообразование бетона после ТВО

Данные по плотности образцов после формовки, после ТВО, по прочности образцов после ТВО и в 28 суточном возрасте, а также уровни и значения факторов матрицы представлены в таблице 1. Прочность образцов рассчитывалась в соответствии с рекомендациями. ДСТУ Б В.2.7-223:2009

Таблица 1. Сводная таблица данных многофакторного эксперимента
Table. 1. Summary plate of facts multifactorial experiment

№ опыта	Уровни факторов			Значения факторов			сред. плотн. образца после формов. кг/м ³ .	сред. плотн. образца после ТВО кг/м ³ .	предел прочн. на сжатие. после ТВО, МПа	предел прочн. на сжатие. в возр. 28 сут. МПа
	X1	X2	X3	Добавка белого известняка в шлак, %	Р/Ш	$\rho_{жст}$				
1	1	1	1	21.22	0.45	1.175	2103	2097	18,05	26,2
2	-1	1	1	8.78	0.45	1.175	2037	2037	20,08	22,8
3	1	-1	1	21.22	0.41	1.175	2001	2036	11,79	19
4	-1	-1	1	8.78	0.41	1.175	1989	1999	16,32	18,3
5	1	1	-1	21.22	0.45	1.145	2135	2108	19,17	23,3
6	-1	1	-1	8.78	0.45	1.145	2095	2082	22,03	22,7
7	1	-1	-1	21.22	0.41	1.145	2034	2046	11,19	18,4
8	-1	-1	-1	8.78	0.41	1.145	1996	2010	13,64	17,6

Таблица 2. Составы бетона для опытов ПФЭ
Table. 2. Concrete analyses for the multifactorial experiment

№ опыта	Щ, кг	П, кг	Ш, кг	Жст, л
1	850	783	513	197
2	850	785	513	197
3	850	831	513	179
4	850	833	513	179
5	850	769	513	202
6	850	771	513	202
7	850	818	513	184
8	850	820	513	184

МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАКТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ

Фотографии образцов наиболее оптимального состава после формования и после пропарки представлены на рис.1,2,3,4



Рис. 1. Фотографии образцов после формования. Состав 5.
Fig. 1. photo of the assays after the extrusion. Analyses 5.

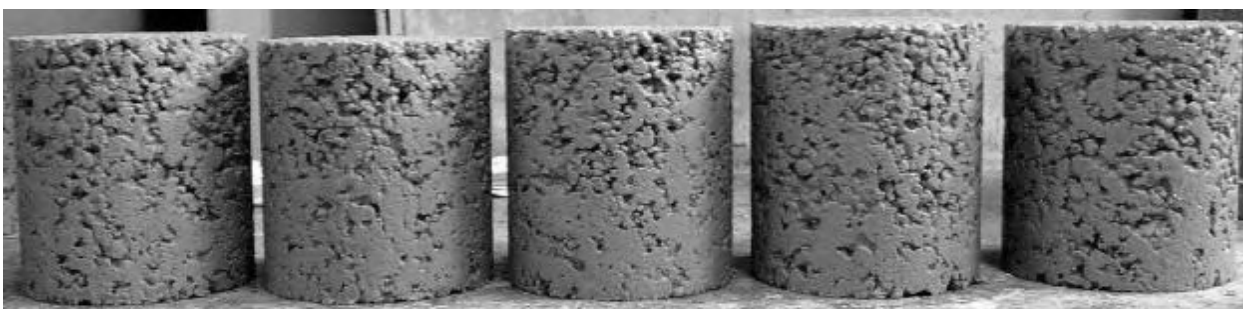


Рис. 2. Фотографии образцов после формования. Состав 6.
Fig. 2. photo of the assays after the extrusion. Analyses 6

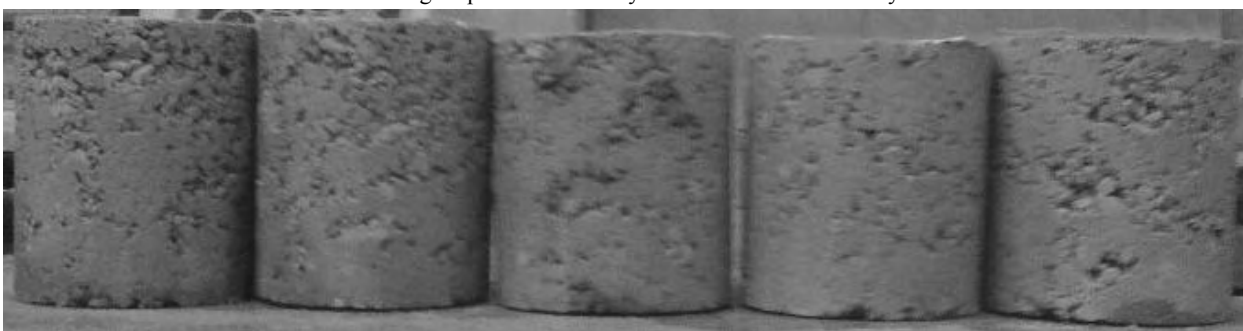


Рис. 3. Фотографии образцов после ТВО. Состав 5
Fig. 3. photo of the assays after the steaming. Analyses 5

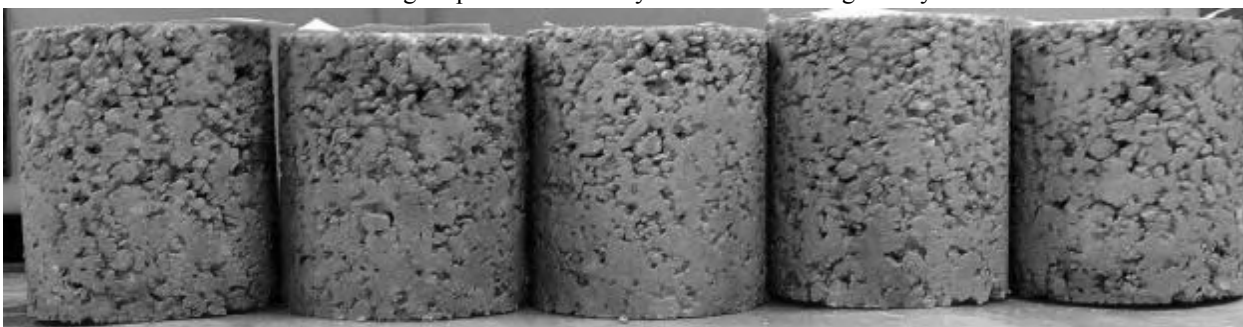


Рис. 4. Фотографии образцов после ТВО. Состав 6.
Fig. 4. photo of the assays after the steaming. Analyses 6

Математическую обработку результатов эксперимента выполняли при помощи пакета Scilab 5.4 используя [1, 2, 3, 4, 5, 6]. На первом этапе выполняли поиск резковыделяющихся значений по [1, 4]. Для каждого опыта определяли нормальность распределения данных по критерию Шапиро-Уилка [2]. Далее определяли однородность дисперсий по критерию Кохрена в случае равномерного дублирования опытов, либо по критерию Бартлетта при неравномерном дублировании [2, 3, 5].

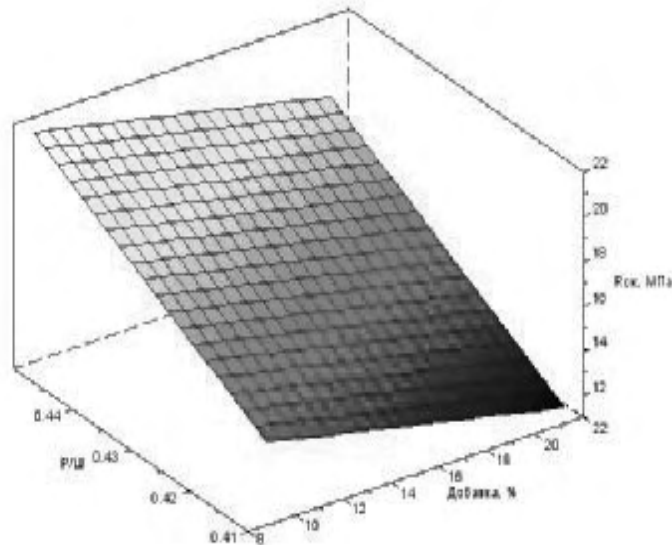
Методами линейной алгебры рассчитывали коэффициенты регрессионного уравнения. После вычисления дисперсий воспроизводимости и адекватности определяем адекватность полученного уравнения регрессии и значимость коэффициентов [3, 5].

Результаты математической обработки данных эксперимента по прочности после ТВО. Гипотеза о нормальности распределения для каждой серии опытов принимается на уровне значимости 0.05. Дисперсии однородны т.к. расчетное значение критерия Кохрена 0.269209 не больше критического 0.390993. Дисперсия воспроизводимости

эксперимента 6.08258 при числе степеней свободы 32. Коэффициенты регрессионного уравнения **16.5336**; **-1.48267**; **3.29921**; **0.0272588**. Значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы 32 и уровне значимости 0.025 (2-х сторонний критерий при уровне значимости 0.05) – 2.03693. Так как, корреляционная матрица диагональна, то коэффициенты значимы, если они больше 0.794311. Таким образом, коэффициент **0.0272588** незначим и, соответственно, исключается из уравнения. Дисперсия адекватности уравнения 8.529 с числом степеней свободы 4. Расчетное значение критерия Фишера 1.4022. Табличное значение критерия Фишера для принятого числа степеней свободы числителя 4 и знаменателя 32 и уровня значимости 0.05 – 2.66844. Уравнение адекватно, так как расчетное значение критерия Фишера меньше теоретического. Следовательно, для прочности после ТВО получено уравнение регрессии:

$$R_{\text{ТВО}} = 16.533638 - 1.4826651 \times X1 + 3.2992142 \times X2 \quad (1)$$

(1) Графические данные уравнения регрессии представлены на рисунке



3.

Рис. 3. Зависимость прочности на сжатие после ТВО от количества добавки и R/S соотношения при фиксированном значении плотности жидкого стекла – 1,16 г/см³

Fig.3. Relation of the strength on pressure after TVO from the amount of the addition and R/S with the proportion by fixated – 1,16 g/sm³

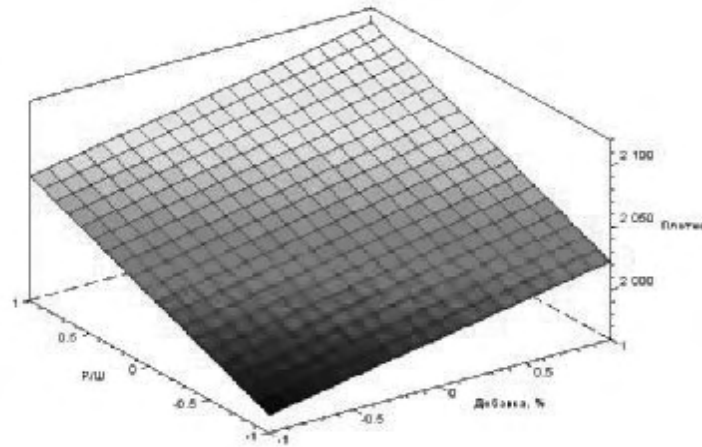


Рис.4. Зависимость плотности бетона от Р/Ш соотношения и количества добавки
 Fig.4. Relation of the concrete body from R/S with the proportion and the amount of addition Уравнение регрессии

для определения плотности бетона после ТВО:

$$\rho_{\text{ТВО}} = 2052,523 + 19,291264 \times X1 + 28,599189 \times X2 - 19,163291 \times X3(2)$$

График зависимости плотности бетона от количества добавки и Р/Ш соотношения показан на рис. 4.

Уравнение регрессии для прочности в возрасте 28 суток:

$$R_{28} = 20,880028 + 2,655855 \times X2$$

ВЫВОДЫ

1. Оптимальным составом ШЩБ для производства стеновых строительных материалов по прочности, плотности и устойчивости к высолом является состав №6.

2. Предлагается технология совместного помола добавки карбонатных отходов с доменными гранулированными шлаками. Расход добавки 8,78 %.

3. При заданном расходе добавки для состава №6 предел прочности на сжатие в возрасте 28 суток после ТВО составляет 22,7 МПа, что соответствует классу бетона С16/20.

4. При заданном расходе добавки для состава №6, средняя плотность бетона после ТВО составляет 2082 кг/м³, что соответствует марки по плотности D 2100.

5. В образцах предлагаемого состава выщелачивания не наблюдаются за счет оптимального подбора соотношения компонентов бетона, применения ТВО и использования карбонатных отходов при совместном помоле шлака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львовский Е.Н., 1988. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк.– 239.

2. Кобзарь А. И., 2006. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 816.

3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В., 1976. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука. – 280.

4. Большев Л.Н., Смирнов Н.В., 1983. Таблицы математической статистики. – М.: Наука. – 416.

5. Спиридонов А. А., 1981. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. - М.: Машиностроение.– 184.

6. Алексеев Е. Р., 2008. Scilab: Решение инженерных и математических задач/ Е.Р. Алексеев, О.В.Чеснокова, Е. А.Рудченко. - М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний. - 260.

7. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны, 1979./ под общей редакцией В.Д. Глуховского. – К.: Вища школа. – 231.

8. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К. , Чиркова В.В., 1985. Процессы гидратации силикатов кальция в присутствии щелочных металлов// Изв. вузов. Сер. Химия и химическая технология. – Вып. 28, №2, 70 – 74.

9. Ракша В.А., 1974. Исследование влияния химического состава шлаков на свойства шлакощелочных вяжущих и бетонов: Автореф. Дис...канд. техн. наук: 05.23.05. – К.: КИСИ. – 18.

10. Румына Г.В., 1974. Исследование влияния глинистых минералов на свойства шлакощелочных бетонов: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.23.05. - К.: КИСИ. – 22.

11. Шепляков Ю.А. и др., 2001. Влияние свойств жидких стекол на технологические и прочностные характеристики шлакощелочных вяжущих// Строительство и техногенная безопасность: Сб. научн. тр. КАПКС. - Вып. 4., 166 – 176.

12. Олейник О.Н., 2001. Шлакощелочные вяжущие и бетоны с использованием щелочных силикатных суспензий. Дисс. ... канд. техн. Наук: 05.23.05. – Симферополь: НАПКС. - 167.

13. Елькина И., 2013. Влияние механоактивации и добавки микрокремнезема на структуру и свойства прессованных материалов из грандиоритовых шламов шархинского карьера.// MOTROL. - Vol 15, №5, 107-113.

14. Гасанов А., Нестеренко Е., Люлько А., 2009. Ресурсосбережение в производстве строительных материалов.// MOTROL. - №11А, 134 - 137.

15. Свищ И. С., 2009. Строительное материаловедение: Пособие для лабораторных работ. – Симферополь: РИО НАПКС. - 273.

MATERIAL CONSERVING FACTORS IN THE TECHNOLOGY OF WALL PRODUCTS OF SLAG ALKALI CONCRETES BASED ON WASTE MATERIAL OF LIMESTONE, SHELL ROCK AND ALKALI SILICATE SAWING WITH ACIDITY INDEX $M_c = 1,5 \dots 1,7$ AFTER WARM AND HUMID MANUFACTURE.

Summary: Presented optimizations of analyses light-duty concretes using carbonaceous waste materials, blast-furnace slags and modified alkali silicate with $m_c = 1,5-1,7$. Ascertained parameters of stability characteristics with middle body and resistance to the atmosphere effect.

Key words: alkali silicate, blast-furnace grained slag, slag alkali cement, water absorption, coefficient of softening, fineness of milling, body of solution, strength.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТХОДОВ И ЦЕОЛИТОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА С СИЛИКАТНЫМ МОДУЛЕМ $M_c = 1,5 \dots 1,7$

Игорь Свищ, Елена Носатова, Irina Levshits, Василий Носатов

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: pk@napks.edu.ua
West Chester university of Pennsylvania, USA

Аннотация: представлены оптимизации составов облегченных бетонов с использованием карбонатных отходов, доменных шлаков и модифицированного жидкого стекла с $M_c = 1,5 \dots 1,7$. Установлены параметры прочностных характеристик, средней плотности и устойчивости к атмосферным воздействиям.

Ключевые слова: жидкое стекло, доменный гранулированный шлак, шлакощелочное вяжущее, вещество, водопоглощение, коэффициент размягчения, удельная поверхность, плотность раствора, прочность

ВВЕДЕНИЕ

Шлакощелочной цемент (ШЩЦ) является конкурентом на рынке вяжущих материалов обычному портландцементу и его разновидностям. На ряду с конкуренцией, ШЩЦ одновременно дополняет, и расширяет возможности этого рынка, области его использования, дает возможность расширить базу выпуска самых разнообразных по назначению строительных материалов, изделий и конструкций. Тем самым усиливается строительный потенциал регионов и государства в целом. Если рассмотреть вопрос использования ШЩЦ и бетонов на их основе в плоскости экологической безопасности и охраны окружающей среды, то также видны значительные положительные факторы применения этого материала в строительной индустрии. Использование отходов промышленных производств актуальная проблема для любого государства.

Известно, что для производства шлакощелочных вяжущих веществ, используют разнообразные виды шлаков металлургических производств и щелочесодержащих компонентов, таких как сода, содощелочной плав, жидкое стекло. Свойства шлакощелочных вяжущих веществ, а именно набор прочности, скорость гидратации, твердение композиций зависят от химико-минералогического и фазового состава шлака, а так же от природы щелочного компонента [1]. Рассматривая химико-минералогический состав портландцемента и шлакощелочного вяжущего вещества, в качестве аналога силикатной составляющей портландцемента C_2S и C_3S , содержание которой в нем превышает 70%, может быть принят (с определенной степенью

приближения) силикат натрия – растворимое стекло [2]. Важной зависимостью для шлакощелочного вяжущего вещества является связь технологических (Р/Ш, сроки схватывания) и механических свойств (предел прочности при сжатии и изгибе). На данный момент существует широкая база экспериментальных данных о свойствах разнообразных шлакощелочных бетонов на основе мета и дисиликатов натрия. Наиболее перспективной областью исследования, в Крымском регионе, является шлакощелочной бетон на отходах камнепиления известняка ракушечника Первомайского карьера на жидком стекле с $M_c = 1,5 \dots 1,7$. 70% всего объема материала занимают отходы производств. Вяжущее вещество – тонкомолотый доменный гранулированный шлак, отход металлургического производства; отход белых известняков Крымского региона, как добавка при совместном помоле при изготовлении вяжущего. Отход камнепиления известняка ракушечника в виде песка и щебня как заполнители для бетона.

Целью данной работы является получение шлакощелочного вяжущего и бетонов на его основе для производства стеновых строительных изделий.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- использование цеолита и отходов камнепиления известняков, как добавки при совместном помоле с доменными гранулированными шлаками и формование бетона по технологии полусухого прессования.

- влияние ШЩВ на основе совместного помола доменного гранулированного шлака и цеолита на водостойкость, водопоглощение, прочность, атмосферостойчивость.

- использование карбонатных отходов камнепечения нумулитового известняка, как добавки при совместном помоле с доменными гранулированными шлаками.

- влияние ШЩВ на основе совместного помола доменного гранулированного шлака и карбонатных отходов камнепечения нумулитового известняка на водостойкость, водопоглощение, прочность, атмосферостойчивость.

-использование карбонатных отходов камнепечения нумулитового известняка и цеолита, как добавки при совместном помоле с доменными гранулированными шлаками.

- влияние ШЩВ на основе совместного помола доменного гранулированного шлака, цеолита и карбонатныхотходов камнепечения нумулитового известняка на водостойкость, водопоглощение, прочность, атмосферостойчивость.

-влияние условий ТВО на набор прочности, атмосферостойчивость и водостойкость ШЩВ с использованием отходов камнепечения известняков.

Исходные материалы для экспериментальных исследований

■ Жидкое стекло Днепродзержинское с $M_c=1,65$ и $M_c=1,59$, плотностью $\rho=1,18$ г/см³.

■ Шлак доменный металлургический гранулированный Запорожский.

■ Цеолит Закарпатский природный дробленный Сокирницкого месторождения.

■ Известняк белый нумулитовый (п.г.т. Скалистое) – отход камнепечения.

■ Известняк-ракушечник желтый Первомайского района – отход камнепечения.

Доменный металлургический шлак является основным $M_o=1,12$. Производился его помол в лабораторной мельнице в чистом виде и с добавками с различными удельными поверхностями. Вяжущее на основном шлаке характеризуется высокой активностью в начальные сроки твердения. При взаимодействии шлака с жидким стеклом (Na_2SiO_3) образуются низкоосновные гидросиликаты кальция.

Цеолиты – минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных элементов с тетраэдрическим структурным каркасом, включающим полости (пустоты), занятые катионами и молекулами воды. В отличие от кристаллогидратов, также выделяющих значительные количества воды при нагреве, цеолиты поглощают и выделяют не только воду, но и другие различные молекулы и без изменения кристаллической структуры. К тому же поглощение цеолитами в отличие от координационного связывания в кристаллогидратах связано с явлением адсорбции - концентрированием вещества из газовой фазы на поверхности твердого тела (адсорбента) или в объеме, образуемых его структурой пор.

Свойства известняка ракушечника: насыпная плотность щебня фракции 5-10 составляет 0,9 г/см³; насыпная плотность песка фракции <5 составляет 1,2 г/см³; истинная плотность – 2,71г/см³

Таблица 1. Химический состав металлургического шлака и природного цеолита.

Table. 1. Chemical analyses of the metallurgical slag and natural zeolite

минерал	Содержание оксидов %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅
Запорожский шлак	41,66	3,52	1,015	47,78	3,03	0,34	0,008
Закарпатский цеолит	77,75	12,57	1,42	2,26	0,93	2,68	0,088

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТХОДОВ И ЦЕОЛИТОВ



Рис. 1. Структура разрушения образца цилиндра диаметром 3 см после испытания на сжатие
 Fig. 1. Structure of breakup of the cylinder analyses diameter 3 cm after the test on compressing

Таблица 2. Результаты испытаний на сжатие после ТВО различных составов образцов цилиндров диаметром 3 см, изготовленных по технологии полусухого прессования
 Table. 2. The results of the test on compressing after the steaming of different analyses of the cylinder assays diameter 3 cm, produced by the technology of the half-dry pressing

№ состава	Состав шлака	Наполнитель белый и желтый известняк	Давление прессования, МПа	$S_{уд}$, см ² /г	$R_{сж}$, МПа
1.1	ШИ	"Б"	10	5800	28,4
1.2	ШИ	"Б"	30	5800	42,8
2.1	ШЦ	"Ж"	10	3270	11,4
2.2	ШЦ	"Ж"	30	3270	22,2
3.1	ШЦ	"Б"	10	3270	11,75
3.2	ШЦ	"Б"	30	3270	25,4
4.1	ШЦИ	"Ж"	10	4200	9,4
4.2	ШЦИ	"Ж"	30	4200	25,5
5.1	ШЦИ	"Б"	10	4200	9,2
5.2	ШЦИ	"Б"	30	4200	20,3

Примечание: обозначение состава ШИ – совместный помол доменного гранулированного шлака (70%) и известняка (30%); ШЦ – совместный помол доменного гранулированного шлака (85%) и цеолита (15%); ШЦИ – совместный помол доменного гранулированного шлака, цеолита и известняка (60:10:30%); «Ж» - желтый известняк; «Б» - белый известняк. Жидкая составляющая водный раствор жидкого стекла, плотностью $\rho=1,18 \text{ г/см}^3$ (7%). Отношение расхода вяжущего к наполнителю 50:50 %.

По результатам испытаний с помощью метода наименьших квадратов было определено уравнение регрессии:

$$R_{сж} = 0.68 - 5.82 * X_1 + 0.44 * X_2 + 0.66 * X_3 + 0.005 * X_4,$$

Это уравнение описывает зависимость прочности на сжатие ШЩБ от взаимодействующих факторов:

X1 - состав шлака;

X2 - наполнитель

X3 - давление прессования;

X4 - удельная поверхность помола шлака ($S_{уд}$);

На основании уравнения регрессии были построен график зависимости предела прочности при сжатии от давления прессования образцов из ШЩБ и удельной поверхности помола (ШЩВ).

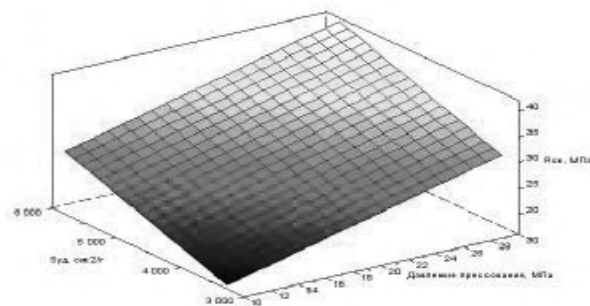


Рис.2 График зависимости предела прочности при сжатии образцов цилиндров ШЩБ от давления прессования и удельной поверхности ШЩВ

Fig.2 The diagram of the bound strength relation by pressure of cylinders specimen from the presson of compaction and specific surface

Примечание: состав вяжущего – совместный помол доменного гранулированного шлака и белого известняка (нуммулитового).

Таблица 3. Показатели водостойкости (коэф. размягчения, $K_{разм}$) и водопоглощения (W_m) от составов бетона по технологии полусухого формования

Table. 3. Indices of water-resistance K softening and water absorption from the concrete analyses by the half-dry technology

Показатели	Составы бетона									
	1		2		3		4		5	
	3 суток в воде		28 суток в воде		28 суток в воде		28 суток в воде		28 суток в воде	
$K_{разм}$	0,77	0,95	0,82	0,99	0,87	1	0,87	0,79	0,86	0,89
$W_m, \%$	9	4,5	18	17,5	18	17,5	18	9,5	15,7	15

Примечание: все образцы были подвергнуты тепловлажностной обработке (ТВО) в лабораторной пропарочной камере.

Режим ТВО

1. Выдержка при температуре $+18^\circ\text{C}$ – 2 часа;
2. Подъем температуры с $+18^\circ\text{C}$ до $+80^\circ\text{C}$ - 3 часа;
4. Охлаждение до температуры $+35^\circ\text{C}$ – 3 часа;

3. Изотермический прогрев при температуре $+80 \pm 5^\circ\text{C}$ – 7 часов;

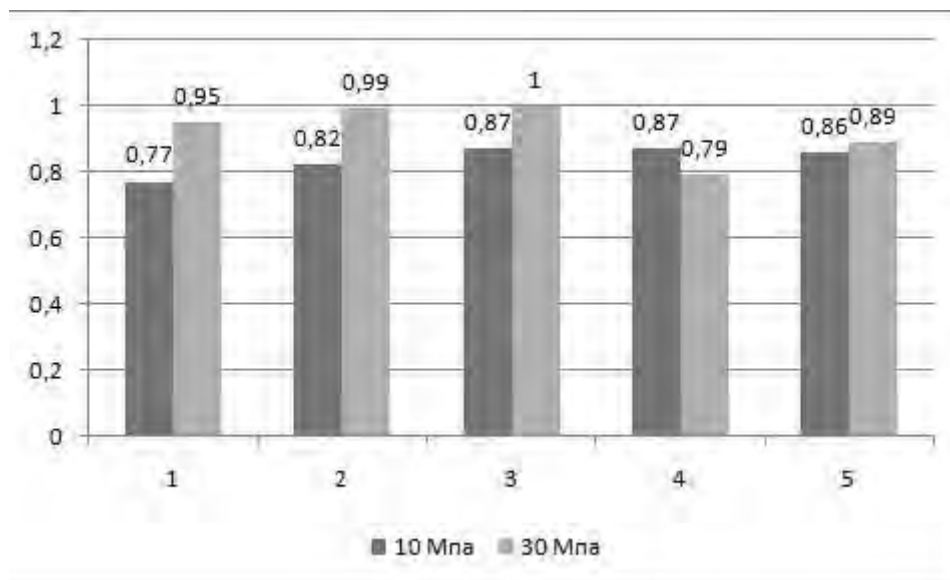


Рис.3. График зависимости водостойкости (коэф. размягчения) от составов бетона по технологии полусухого формования

Fig.3. The diagram of the bound of water-resistance K softening and water absorption from the concrete analyses by the half-dry technology



Рис.4. Образцы цилиндры из шлакощелочного бетона после ТВО при твердении 28 суток.

Fig.4. Analyses cylinders from the slag alkali concrete after the steaming with maturing 28 days

ВЫВОДЫ

1. Наиболее оптимальным составом по прочности для производства стенового кирпича методом полусухого прессования является состав с наполнителем белого нумулитового известняка и 15% цеолита как добавки в шлак при совместном помоле. Прочность данного состава бетона при давлении прессования 30 МПа составляет 25,4 МПа.
2. Предел прочности на сжатие по технологии полусухого прессования прямопропорционален давлению прессования.

3. Шлакощелочные бетоны с наполнителями желтого известняка ракушечника и белого нумулитового известняка существенно не отличаются по пределу прочности на сжатие.
4. Рост прочности бетона прямопропорционален повышению удельной поверхности шлака.
5. Исследуемые составы ШЩБ с добавкой карбонатных отходов и цеолитов после ТВО являются водостойкими. Коэффициент насыщения этих составов более 0,8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глуховський В.Д., 1967. Грунтосілікатні виробі і конструкції. – К., Будівельник. – 286.
2. Глуховский В.Д., 1975. Грунтоцементы. – Доклад на XXI науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава. – К.: КИСИ, 124 - 126.
3. Глуховский В.Д., 1959. Грунтосиликаты. – К.: Госстройиздат. – 172.
4. Кривенко П.В., Пушкарева. Е. К., 1993. Долговечность шлакощелочного бетона. – К., Будівельник. - 224.
5. Состав, структура и свойства цементных бетонов., 1976. /Под редакцией Г.И. Горчакова. – М.: Стройиздат. -144.
6. ДСТУ БВ 2.7-188: 2009. Цементы. Методы определения тонкости помола. – К.: Минрегионстрой Украины. - 84.
7. ДСТУ БВ2.7-187: 2009. Строительные материалы. Цементы. Методы определения прочности на изгиб и сжатие. – К.: Минрегионстрой Украины. – 126.
8. ДСТУ БВ2.7-214: 2009. Строительные материалы. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – К.: Минрегионстрой Украины. – 96.
9. ДСТУ БВ2.7-187: 2008. Бетоны. Методы определения по контрольным образцам. – К.: Минрегионстрой Украины. – 56.
10. Стандарт Американского института бетона АСІ 302.1R-04: 2004.
11. ДСТУ БВ2.7-46: 2008. Цементы. Общестроительные технические условия. – К.: Минрегионстрой Украины. – 48.
12. ДСТУ БВ2.7-185: 2009. «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерного изменения объема». – К.: Минрегионстрой Украины. – 76.
13. Любомирский Н.В., Бахтин А.С., Джелал А., 2013. Формирование прочностных свойств материалов на основе известково-известняковых композиций карбонизационного типа твердения.// MOTROL. - Vol. 15, №5, 23 - 30.
14. Любомирский Н.В., 2009. Формирование структуры известкового теста при твердении в среде углекислого газа.// MOTROL. - №11А, 239 - 246.
15. Елькина И., 2013. Влияние механоактивации и добавки микрокремнезема на структуру и свойства прессованных материалов из грандиоритовых шламов шархинского карьера.// MOTROL. - Vol 15, №5, 107 – 113

RESEARCHING THE INFLUENCE OF CARBONACEOUS WASTE MATERIALS AND ZEOLITES ON THE PHYSIC AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE FINE-GRAINED SLAG ALKALI CONCRETES ON THE BASE OF ALKALI SILICATE WITH ACIDITY INDEX $M_c=1,5...1,7$

Summary: Presented optimizations of analyses light-duty concretes using carbonaceous waste materials, blast-furnace slags and modified alkali silicate with $m_c=1,5-1,7$. Ascertained parameters of stability characteristics with middle body and resistance to the atmosphere effect.

Key words: alkali silicate, blast-furnace grained slag, slag alkali cement, water absorption, coefficient of softening, specific surface, body of solution, strength.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УЗЛА ЗАКРЕПЛЕНИЯ СВАЙ В ОПОРНОМ РОСТВЕРКЕ МОРСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Ксения Пшеничная-Ажермачёва

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Адрес: Украина. Симферополь, ул. Киевская 181

Аннотация. Рассматривается НДС элементов узла закрепления свай в опорном ростверке МСП. Предлагается расчетная модель конструктивного решения узла. Показан характер распределения сдвигающих усилий в межтрубном заполнителе вдоль закрепления и влияние на него соотношения площадей поперечного сечения сваи и направляющего патрубка. Приводится методика определения предельной несущей способности закрепления сваи в ростверке.

Ключевые слова: морская платформа, закрепление, сваи, патрубок, межтрубный заполнитель, усилия

ВВЕДЕНИЕ

Закрепление морских платформ для разведки и добычи углеводородов на шельфе морей чаще всего осуществляется сваями, забиваемыми в морское дно.

Прежде сваи проходили через опорные стойки платформ и забивались в грунт на заданную глубину. После забивки свай межтрубное пространство между сваями и опорой заполнялось мелкозернистым бетоном или цементным раствором, после схватывания, которого создавалась единая монолитная конструкция. Это конструктивное решение требовало большого расхода свай, мелкозернистого бетона или цементного раствора, а также значительных затрат времени на монтажные работы.

ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время для закрепления морских платформ используют специальные придонные ростверки, которые жестко соединяются с опорными конструкциями платформы и включают специальные направляющие патрубки для установки свай [2, 3] (рис.1). После забивки свай, проходящих через направляющие патрубки, межтрубное пространство между патрубком и сваями заполняется мелкозернистым бетоном или цементным раствором. После набора прочности

мелкозернистым бетоном образуется «каменный замок», который обеспечивает передачу усилий от сваи на опорные конструкции платформы. При этом для обеспечения заданной надежности соединения инженер должен решить следующие задачи:

- определить размеры патрубка (площадь поперечного сечения, диаметр, длину);
- способ его прикрепления к опорной конструкции платформы;
- определить прочностные характеристики заполнителя межтрубного пространства;
- способ и контроль заполнения межтрубного пространства раствором;
- произвести расчет соединения.

На рис.1 показано конструктивное решение узла закрепления сваи 1 в направляющем патрубке ростверка 2 за счет нагнетания цементного раствора и образования цементного камня 3 в межтрубном пространстве. В этом соединении свая 1 и патрубок ростверка 2 работают только на продольную силу, а соединительный элемент 3 цементный камень работает только на сдвиг. К свае 1 приложена сила P .

Расчетную модель предлагаемого конструктивного решения (рис.1) можно представить как два элемента 1 и 2, работающих на растяжение, соединенных между собой упругим слоем, работающим только на сдвиг (рис.2)

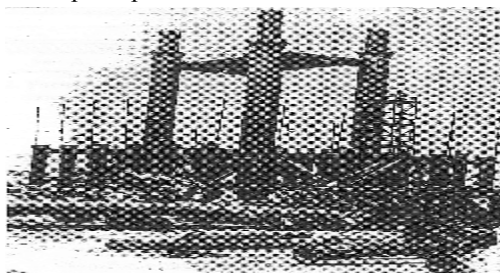


Рис.1. Общий вид опорного блока морской платформы
Fig.1. General view of supporting block of marine platform

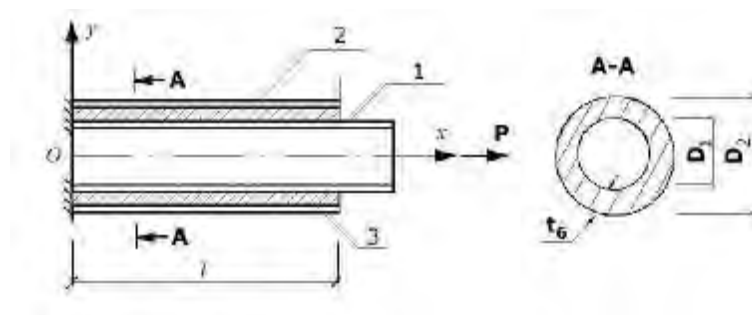


Рис.2. Расчетная модель сваи в направляющем патрубке: 1 – свая, 2 – направляющий патрубок, 3 – цементный заполнитель

Fig.2. A calculation model of pile is in the directing union coupling: 1 – a pile, 2 – directing union coupling, 3 – cementfiller

Такие расчетные модели широко применяются в отечественной и зарубежной практике [5, 6, 7, 8, 10] при соединении плоских элементов, а в последнее время – при образовании стыков труб круглого и прямоугольного сечения [3, 4, 9, 14], при работе этих соединений на сдвиг.

Рассмотрим распределение сдвигающих усилий вдоль цементного закрепления. Вырежем полоску шириной 1 см вдоль образующих направляющего патрубка и сваи (рис.3). Пусть к вырезанной полоске сваи приложена продольная сила N, которая растягивает ее. Площадь вырезанной полоски сваи равна A_1 , а, соответственно, вырезанной полоски из направляющего патрубка — A_2 .

При приложении силы N (рис.2) к элементу 1 он растягивается, и точка K, которая находится на расстоянии X от начала координат, перемещается в точку K_1 . Элемент 1 в этом сечении получает удлинение S_1 . А точка m элемента 2, которая вначале находилась в одном сечении с точкой K, за счет деформации цементного камня переместилась в точку m_2 . Элемент 2 получил в этом сечении удлинение S_2 . Перемещение точек K и m будет тем больше, чем больше будет смещение заполнителя: $\Delta S = S_1 - S_2$.

Тогда удельное сдвигающее усилие в заполнителе можем записать [13]:

$$g_x = G(S_1 - S_2). \quad (1)$$

Растягивающая сила элементарного участка элемента 1 на расстоянии X от начала координат:

$$dN_{1x} = g_x dx, \quad (2)$$

Или:

$$dS_1 = \frac{N_{1x} dx}{EA_1}. \quad (3)$$

Здесь E — модуль упругости материала сваи и патрубка; G — модуль сдвига цементного камня.

Из (3) продольная растягивающая сила в элементе 1:

$$N_{1x} = EA_1 \frac{dS_1}{dx}. \quad (4)$$

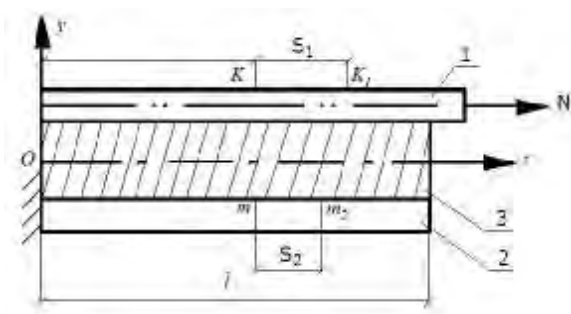


Рис.3. Расчетный элемент закрепления сваи в направляющем патрубке

Fig.3. Calculation element of fixing of pile is in the directing union coupling

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УЗЛА ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Учитывая (2), удельное сдвигающее усилие на элементарном участке:

$$g_x = \frac{dN_{1x}}{dx},$$

запишем для элемента 1:

$$g_x = EA_1 \frac{d^2 S_1}{dx^2}. \quad (5)$$

Для элемента 2 аналогично запишем:

$$dN_{2x} = -g_x dx, \quad (6)$$

$$dS_2 = \frac{N_{2x} dx}{EA_2}, \quad (7)$$

откуда:

$$-g_x = EA_2 \frac{d^2 S_2}{dx^2}. \quad (8)$$

Здесь N_{2x} — растягивающая сила элемента 2 на расстоянии X от начала координат.

Мы нашли зависимости между S_1 , S_2 и g_x . Подставив (1) в (5) и (8), получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$EA_1 \frac{d^2 S_1}{dx^2} = G(S_1 - S_2), \quad (9)$$

$$EA_2 \frac{d^2 S_2}{dx^2} = -G(S_1 - S_2). \quad (10)$$

Интегрирование этих уравнений дает [12]:

$$S_1 = C_1 e^{nx} + C_2 e^{-nx} + C_3 x + C_4, \quad (11)$$

$$S_2 = -\beta C_1 e^{nx} - \beta C_2 e^{-nx} + C_3 x + C_4, \quad (12)$$

и

$$\Delta S = S_1 - S_2 = C_1(1 + \beta)e^{nx} + C_2(1 + \beta)e^{-nx}. \quad (13)$$

Здесь приняты обозначения:

$$\beta = \frac{A_1}{A_2} \quad \text{и} \quad n = \sqrt{\frac{(1 + \beta)t_\sigma}{EA_1 t_1}}. \quad (14)$$

Коэффициент n характеризует сдвиговую жесткость цементном камня в межтрубном пространстве.

Используя (6) и (7), а также (11) и (12), запишем:

$$N_{1x} = EA_1 n C_1 e^{nx} - EA_1 n C_2 e^{-nx} \quad (15)$$

$$N_{2x} = -EA_2 n C_1 e^{nx} + EA_1 n C_2 e^{-nx} \quad (16)$$

Для определения постоянных интегрирования C_1 и C_2 учтем граничные условия:

при $x=0$: $N_{1x} = 0$; $N_{2x} = N$,

при $x=l$: $N_{1x} = N$; $N_{2x} = 0$.

Эти условия позволяют определить постоянные C_1 и C_2 . Подставив значения постоянных в (13), получим:

$$\Delta S = S_1 - S_2 = \frac{N}{EA_1 n shnl} [chnx + \beta chn(l-x)], \quad (17)$$

Отсюда:

$$g_x = \frac{GN}{EA_1 n shnl} EA_1 \frac{d^2 S_1}{dx^2}. \quad (18)$$

Полученное выражение для сдвигающих усилий в цементном камне межтрубного пространства (18) позволяет определять их величину в любой точке по длине закрепления. Анализ формулы (18) показывает, что при равенстве площадей A_1 и A_2 :

$$\beta = \frac{A_1}{A_2} = 1,$$

распределение усилий g_x носит симметричный характер (рис.4). Максимальное значение g_x имеет место при $x=0$ и $x=l$. В средней части закрепления значения сдвигающего усилия g_x уменьшаются. И чем длиннее закрепление, тем больше разница между сдвигающими усилиями.

В то же время при $\beta < 1$ симметрия распределения сдвигающих усилий g_x по длине закрепления нарушается (рис.5). Значение сдвигающих усилий g_x со стороны элемента 1 возрастает, а со стороны элемента 2 снижается. Это получается в результате того, что элемент 1, имея меньшую площадь сечения по сравнению с элементом 2, от одной и той же силы N получает при растяжении большие деформации и, соответственно, возникают большие сдвигающие усилия в заполнителе.

Для применения выведенной формулы к расчету закрепления свай в направляющих

патрубках придонного блока морских платформ можно идти следующим путем.

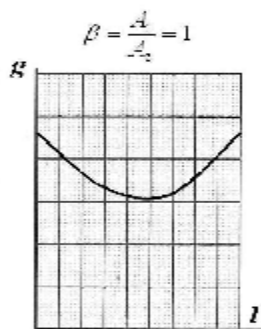


Рис. 4. Зависимость сдвигающих усилий в цементном камне g_x от относительной длины при параметре $\beta = 1$

Fig. 4. Dependence of moving efforts in a cement filler g_x from relative length at a parameter $\beta = 1$

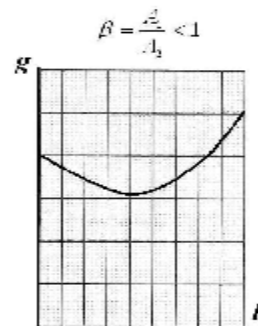


Рис. 5. Зависимость сдвигающих усилий в цементном камне g_x от относительной длины при параметре $\beta < 1$

Fig. 5. Dependence of moving efforts in a cement filler g_x from relative length at a parameter $\beta < 1$

В соответствии с прочностью цементного камня в межтрубном заполнителе принимается предельное расчетное усилие на срез. Далее необходимо рассчитать соединение таким образом, чтобы в крайней, наиболее напряженной, точке соединения расчетное усилие не превышало бы расчетного сопротивления цементного камня межтрубного пространства на сдвиг.

Рассмотрим соединение, представленное на рис. 3. Принимаем, что площадь сечения $A_1 \leq A_2$, т.е. $\beta \leq 1$. В этом случае наибольшее значение g_x получается при $x=1$.

Подставляя это значение в формулу (18) и при известной длине закрепления l , можем определить ту силу N , которая является предельной для вырезанного элемента.

Преобразуя формулу (18), получим:

$$N_{np} = \frac{(1 + \beta)g_{x\max} shnl}{n(chnl + \beta)} \quad (19)$$

На графике (рис. 6) показана зависимость предельной силы N_{np} от длины соединения l . Анализ графика показывает, что:

1) при коротких соединениях предельная несущая способность N_{np} растет почти пропорционально длине шва, но с дальнейшим увеличением длины l N_{np} замедляет свой рост, асимптотически приближаясь к предельному значению, так что увеличение длины закрепления l становится неэффективным (малоэффективным);

2) предельное значение N_{np} тем больше, чем меньше n ;

3) предельная сила N_{np} уменьшается с уменьшением коэффициента β , т.е. когда один из соединенных элементов имеет значительно меньшее сечение, чем другой.

Из сказанного выше видно, что чем больше длина соединения, тем относительно ниже его несущая способность. Для графической иллюстрации этого выразим при помощи (19) среднюю величину сдвигающего усилия для всего соединения:

$$g_{cp} = \frac{N}{l} = \frac{(1 + \beta)g_{x\max}}{nl(chnl + \beta)} \quad (20)$$

Эта величина убывает с возрастанием l .

Удобнее вместо (20) рассмотреть ее отношение к фактическому расчетному усилию g_{\max} , т.е. величину

$$\mu = \frac{g_{cp}}{g_{x\max}} = \frac{(1 + \beta)shnl}{nl(chnl + \beta)} \quad (21)$$

График изменения этой величины в функции l показан на рис.7.

График построен для $\beta=1$. С уменьшением β μ тоже уменьшается. Т.к. ни при какой длине соединения сила N не может превзойти некоторого предела, то возникает естественный вопрос — достаточен ли этот предел для того, чтобы соединение могло выдержать силу, приходящуюся на сваю; или же соединение будет заведомо слабее и, следовательно, материал сваи будет в известной мере затрачен неэффективно.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УЗЛА ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Для выяснения этого определим, исходя из предельной допустимой силы N_{np} то напряжение в материале, которое можно допустить при работе сваи. Это напряжение σ_{np} , очевидно, равно:

$$\sigma_{np} = \frac{N_{np}}{A_1} \leq R_y, \quad (22)$$

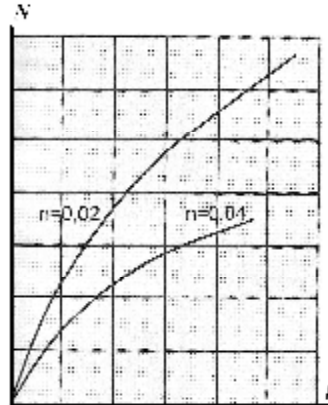


Рис.6. Зависимость предельной силы от длины соединения при разной сдвиговой жесткости.

Fig.6. Dependence of maximum force on length of connection at different change inflexibility

Предельное значение N_{np} получается из (19) при $l \rightarrow \infty$ и равно:

$$N_{np} = \frac{(1 + \beta)g_{x \max}}{n}. \quad (23)$$

Отсюда:

$$\sigma_{np} = \frac{(1 + \beta)g_{x \max}}{nA_1} \leq R_y. \quad (24)$$

Выше мы рассматривали расчетную модель в виде полоски, вырезанной из соединения сваи и направляющего патрубка придонного ростверка. Для определения полной несущей способности всего соединения необходимо элементарную предельную силу N_{np} умножить на длину окружности сваи, т. е.:

$$P_{np} = N_{np} \pi D_1, \quad (25)$$

или:

$$P_{np} = \frac{\pi D_1 (1 + \beta) g_{x \max}}{n}. \quad (26)$$

Мы получили теоретическое значение несущей способности соединения из условия работы цементного камня на сдвиг. Однако в практике строительства морских платформ и, в частности, закрепления их сваями, мы встречаемся со случаями:

- опорная конструкция морской платформы установлена в море, проведена забивка свай через направляющие патрубки и без большого перерыва произведено закачивание цементного раствора в межтрубное пространство между внутренней поверхностью направляющего патрубка и внешней поверхностью сваи;

- опорная конструкция морской платформы установлена в море, произведена забивка свай через направляющие патрубки, а закачка цементного раствора в межтрубное пространство произведена через один-два месяца.

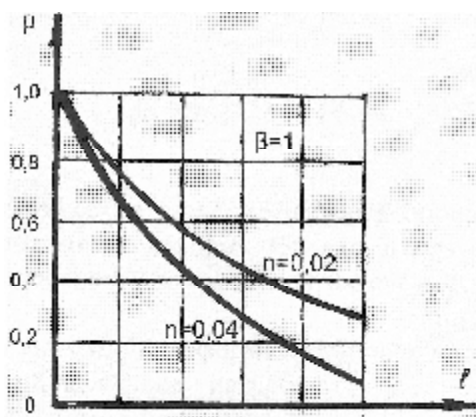


Рис.7. Значение коэффициента μ в зависимости от n и l

Fig.7. Value of coefficient μ depending on n and l

Первый случай считается наиболее благоприятным с точки зрения выполнения качественного соединения свай с опорным блоком платформы, но необходимо иметь в виду, что после набора прочности цементным камнем в межтрубном пространстве прочность его по длине соединения может оказаться неоднородной в зависимости от того, как будет подаваться раствор для заполнения межтрубного пространства; какое сцепление цементного раствора с поверхностью сваи и внутренней поверхностью направляющего патрубка; могут наблюдаться и усадочные трещины у поверхностей сваи и патрубка, и т. п. Поэтому в рабочих проектах закрепления должны вводиться коэффициенты условий работы соединения, величина которых больше единицы.

При рассмотрении второго случая может наблюдаться следующее. При продолжительном сроке нахождения стальных труб в морской воде в замкнутом пространстве (межтрубном) может наблюдаться коррозия металла, а также биологическое поражение поверхности с образованием слизи. В этом случае несущая способность соединения будет значительно меньше проектной, к тому же ее невозможно оценить. Для обеспечения заданной надежности и несущей способности соединения необходимо обеспечить непроскальзывание сваи относительно раствора и несдвиговость раствора относительно внутренней поверхности направляющего патрубка и внешней поверхности сваи. Для этого лучше всего предусматривать анкерные устройства на внутренней поверхности направляющего патрубка и внешней поверхности сваи в зоне заделки ее в патрубков. Это значительно повысит надежность и предсказуемость работы соединения.

Поэтому при разработке рабочих проектов закрепления свай в опорном ростверке при назначении длины направляющего патрубка необходимо применять коэффициент условий работы $\gamma \geq 4-6$.

ВЫВОДЫ

1. Принятая расчетная модель узла закрепления сваи в придонном ростверке довольно четко позволяет получить картину напряженно-деформированного состояния его элементов.
2. Сдвигающие усилия по длине закрепления в межтрубном пространстве распределяются по параболическому закону.
3. При равных площадях поперечных сечений сваи и направляющего патрубка закон распределения сдвигающих усилий имеет симметричный характер.
4. При разных значениях площадей сечения сваи и направляющего патрубка сдвигающие усилия со стороны меньшего поперечного сечения возрастают в результате больших продольных деформаций элемента при одинаковых продольных усилиях в рассматриваемом сечении.
5. При расчете узла закрепления необходимо принимать во внимание наибольшие сдвигающие усилия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажермачёв Г.А., 2011: Конструктивные решения сооружений и расчетные модели.// Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр. НАПКС. – Вып. 35./Межд. конф. «Геодинамика, сейсмическая опасность, сейсмостойкость сооружений», 193 - 197.
2. Ажермачёв Г.А., 1998: Морские сооружения для добычи нефти и газа на континентальном шельфе Азово-Черноморского региона.// Металлические конструкции. - Т.1. Киев, 47- 49.
3. Долгова Е., 2009. Численное исследование напряженно деформированного состояния опорных стоек морских стальных ледостойких платформ.// MOTROL. - №11В, 72 – 77.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УЗЛА ЗАКРЕПЛЕНИЯ

4. Газизов Х.В., 1990. Напряженное состояние клеевых соединений трубопроводов и пути повышения их прочности.// Современные проблемы буровых и нефтепромысловых работ. - Уфа, Уфимский нефт.институт, 16 - 21.
5. Зандберг А.С., 1989. Численное решение задачи о напряженном состоянии «заплат» в магистральных трубопроводах с использованием метода малого параметра.// Математические методы исследования в трубопроводном строительстве, 93 -103.
6. Механика разрушения и прочность материалов, 1988.: Справочное пособие в 4 томах, т.1. - К., Наукова думка. – 437.
7. Николаев Г.А., Винокуров В.А., 1990: Сварные конструкции. – М., Высшая школа. – 446.
8. Pao Yi-Hsin, Norman K.N., Dickie R.A., 1990: On the effect of an interfacial on the fracture behavior of interface and subinterface cracks in sinlelap shear joints.// J. Adhes. Sci. and Technol. - №5, 503-520.
9. Проектирование металлических конструкций, 1990. Под ред. В.В. Бирюлева. – Л., Стройиздат. – 432.
10. Сборский И.В., 1989: Расчет напряженного состояния сварных соединений труб из термопластов. – Математические методы исследования в трубопроводном строительстве. Москва. – 73 - 82.
11. Сварные конструкции, 1995. – Международная конференция. Киев. – 87.
12. Симаков Г.В., Шхинек К.Н., Смелов В.А. и др., 1989: Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. - Л., Судостроение. - 328.
13. Смирнов В.И., 1957: Курс высшей математики, т.2. - М.: ГИТТЛ. - 628.
14. Тимошенко С.П., 1960: Сопроотивление материалов., т.1. - М.: ГИФМЛ. - 380.
15. Шейнцвит М.И., Смелова М.В., 1990: Исследование надежности клеевых стыков эксплуатационных коробчатых пролетных строений мостов. – М.: Содержание, ремонт и эксплуатация искусственных сооружений на автомобильных дорогах, 43 - 55.
16. Agermachev G., Abdurakhmanov A., Mennanov E., 2009. The application of energy absorber in the dynamic systems/// MOTROL. - №11A, 59 – 63.
17. Ажермачев Г., Перминов Д., 2009. Снижение концентраторов напряжений в узлах стальных рамных каркасов.// MOTROL. - №11A, 94 – 100.

TENSE-DEFORMED CONSISTING OF ELEMENTS OF KNOT FIXING OF PILES OF SUPPORTING GRILLAGE OF MARINE STATIONARY PLATFORM

Summary. The tense-deformed consisting of elements of knot of fixing of piles is examined of supporting grillage of MSP. The calculation model of structural decision of knot is offered. Character of distributing of moving efforts in an interpipe filler along fixing and influence on it of correlation of areas of cross-sectional of pile and sending union coupling is rotined. A method over of determination of maximum bearing strength of fixing of pile is brought in a grillage.

Key words: marine platform, fixing, piles, union coupling, interpipe filler, efforts.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКИХ АВАРИЙ И КАТАСТРОФ

Юлия Ревякина*, Владимир Стоянов**, Алексей Фридман*,
Виктор Стоянов**

*Главное управление Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в АР Крым

**Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Адрес: *ул. Кечкеметская, 103, г. Симферополь,

**ул. Киевская, 181, г. Симферополь

e-mail: juliyarevyakina@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по разработке и совершенствованию методик проведения испытаний средств индивидуальной и коллективной защиты, в соответствии с требованиями европейских стандартов.

Ключевые слова: средства индивидуальной и коллективной защиты, периодические лабораторные испытания, опасные химические вещества, методики выполнения измерений (испытаний).

ВВЕДЕНИЕ

Наличие в Украине развитой промышленности, ее сверх высокая концентрация в отдельных регионах, существование четырех эксплуатируемых атомных электростанций, больших химически опасных промышленных комплексов [14], концентрация на них агрегатов и установок высокой и сверхвысокой мощности, развитая сеть транспортных коммуникаций, а также нефте-, газо- и продуктопроводов, обеспечивающих перемещение на огромных территориях опасных химических грузов - все это увеличивает вероятность возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся выбросом опасных химических веществ. При этом могут пострадать не только персонал самого объекта, но и проживающее вблизи с ним население [1].

Действенной мерой, направленной на снижение последствий ЧС на таких предприятиях, является обеспечение людей, находящихся в зоне вероятного заражения опасными веществами, средствами индивидуальной и коллективной защиты. Это относится к рабочим и служащим

объекта, гражданам, проживающим или работающим в зонах возможных чрезвычайных ситуаций, а также к спасателям, участвующим в аварийно-спасательных и других неотложных работах по ликвидации последствий ЧС.

Средства индивидуальной и коллективной защиты, применяемые для предотвращения или уменьшения воздействия поражающих факторов в чрезвычайных ситуациях должны, прежде всего, отвечать требованиям системы стандартов безопасности труда на средства защиты работающих, безопасности в чрезвычайных ситуациях, строительным нормам и правилам проектирования инженерно-технических мероприятий гражданской защиты и предупреждения чрезвычайных ситуаций. Они должны обеспечивать оптимальные условия для трудовой деятельности и обеспечивать высокую степень защиты. Большое значение имеют требования по сохранению эксплуатационных свойств средств защиты в процессе их использования.

Решение об использовании тех или иных средств защиты (табл. 1) зависит от специфики и характера поражающих и вредных факторов [13].

Таблица 1. Выбор средств защиты в зависимости от вида поражающих и вредных факторов
Table 1. The choice of means of protection depending on the type of damaging and harmful factors

Факторы	Коллективные средства защиты	Изолирующие костюмы	СИЗОД	Спецодежда
Ударная волна	+	-	-	-
Механические воздействия	+	-	-	+
Термические воздействия	+	+	-	+
Радиоактивные вещества	+	+	+	+
Недостаток кислорода	+	+	+	-
Вредные газы, пары, аэрозоли	+	+	+	+
Вредные вещества (твердые, жидкие)	+	+	+	+
Биологические факторы	+	+	+	+

Сохранение эксплуатационных и защитных свойств средств защиты в процессе использования обеспечивается правильным их хранением, а также своевременным проведением периодических лабораторных испытаний

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ

Проведение периодических лабораторных испытаний осуществляется аккредитованными в установленном порядке и уполномоченными организациями: заводами-изготовителями, испытательными, специализированными лабораториями (в том числе при территориальных органах ГСЧС Украины) и др.

Периодичность и содержание лабораторных испытаний средств защиты осуществляется в соответствии с государственными стандартами Украины [3-9, 17-18], техническими условиями

заводов-изготовителей [21-25], техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации на конкретное изделие [20].

Результаты сравнительного анализа существующих и вновь принятых методов испытаний на примере средств индивидуальной защиты органов дыхания представлены в табл. 2.

Проведенный сравнительный анализ существующих отечественных и европейских методов испытаний средств защиты показал, что:

- не все имеющееся оборудование может быть применено для проведения испытаний в соответствии с действующими стандартами;
- необходимо корректирование некоторых метрологических характеристик (диапазоны и погрешности измерения) в существующих измерительных приборах;
- некоторые испытательные установки требуют переоснащения или доукомплектования.

Таблица 2. Сравнение существующих и вновь принятых методов испытаний
Table 2. A comparison of existing and newly accepted test methods

Измеряемый показатель	Метрологические характеристики имеющегося оборудования	Метрологические характеристики современного оборудования	Действующий норматив	Результат анализа
1	2	3	4	5
ЛИЦЕВАЯ ЧАСТЬ ПРОТИВОГАЗА				
Коэффициент подсоса	Испытания Нефелометрическим методом по нейтральному стандартному туману: - Концентрация 2500 ± 300 мг/м ³ ; - Средний радиус частиц (1,4-1,7) * 10 ⁻⁵ см или 0,17-0,14 мкм; - Коэффициент подсоса масляного тумана не больше 0,0001%. Объемная скорость воздуха, высасываемая из масочного пространства 6,5 ± 0,5 л/мин;	Испытания методом пламенного фотометра по хлориду натрия : - скорость потока испытательного воздуха 0,1-0,2 м/с; - средняя концентрация NaCl в камере (8 ± 4) мг/м ³ ; - средний радиус частиц от 0,02 мкм до 2 мкм. Объемный расход сухого воздуха ≈ 1л/мин. Определение коэффициента проницаемости в диапазоне от 15% до 100 %. Испытания методом инфракрасной спектроскопии или теплопроводностью по гексафториду серы. Содержание SF ₆ в камере от 0,01% до 20 %; Отклонения концентрации в рабочем объеме не больше 10 %. Подсос испытательного вещества не должен превышать 0,05 % объема вдыхаемого воздуха.	ДСТУ EN 136:2003. ЗІЗОД. Маски. Вимоги, випробування, маркування	1. Отменен метод, позволявший проводить испытания на оборудовании старого образца; 2. Изменены требования к показателю. 3. Необходимо оснащение испытательных лабораторий новым соответствующим оборудованием
Жесткость	Δ = ± 25 мкм, диапазон измерения	Не определяется	ГОСТ 12.4.166-85 ССБТ.	Показатель может

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ

	0 – 10 мм Цена деления от 0 до 0,01 мм.		Лицевая часть ШМП для промышленных противогазов. ТУ.	испытываться согласно техническим требованиям на изделие.
Герметичность	Погрешность измерения $\delta = \pm 10\%$. Изменение давления под маской в течение 1 мин. при начальном давлении 11,77 мбар (120 мм вод. ст.) не должно уменьшать вакуум более 1,76 мбар (18 мм вод. ст. по одному колену) в течение 1 мин. Диапазон измерения 0 - 200 мм вод.ст. (0 - 19,6 мбар); шаг деления 0,1 мбар.	Изменение давления под маской в течение 1 мин. не должна превышать 10 мбар; тах шаг делений 0,1 мбар.	ДСТУ EN 13274-1:2005. ЗІЗОД. Фільтри проти газів і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробування, маркування	Испытания показателя могут осуществляться на оборудовании старого образца.
Объемная доля CO ₂ во вдыхаемом воздухе	Не определяется	Содержание CO ₂ во вдыхаемом воздухе не должно превышать 1% об. Режим искусственных легких 20 вдохов; Объемная доля CO ₂ во вдыхаемом воздухе 4,5%; Объем поступления CO ₂ на вдох = 0,07875 л; Объемный расход CO ₂ = 1,575 л / мин. Объем пробы при дыхании 78,75 мл.	ДСТУ EN 13274-6:2005. ЗІЗОД. Методи випробування. Частина 6. Визначення вмісту діоксиду вуглецю у вдихуваному повітрі	Необходимо оборудование испытательных лабораторий новым соответствующим оборудованием
Сопротивление дыханию	Измерение объемного расхода с погрешностью 2,5% Объемный расход постоянного потока воздуха 30 и 150 л/мин	Измерение сопротивления по постоянному потоку воздуха 30, 95, 160 дм ³ /мин.	ДСТУ EN 136:2003. ЗІЗОД. Маски. Вимоги, випробування, маркування	Можно использовать оборудование старого образца при объемной скорости воздуха 30 и 95 дм ³ /мин.
ФИЛЬТРУЮЩЕ-ПОГЛОЩАЮЩАЯ КОРОБКА				
Сопротивление дыханию	Объемная скорость потока воздуха 15 - 30 дм ³ /мин. Определение сопротивления фильтров в диапазоне от 0 до 294,2 Па; Цена деления 1 мм. вод. ст.; $\delta = \pm 10\%$	Объемная скорость постоянного потока воздуха 30 - 95 дм ³ /мин. Определение сопротивления фильтров в диапазоне от 0 до 2200 Па	ДСТУ EN 13274-3:2005. ЗІЗОД. Методи випробування. Частина 3. Визначення опору дихання	Можно использовать оборудование старого образца при объемной скорости воздуха 30 дм ³ /мин.
Коэффициент проникания	Испытания Нефелометрическим методом по нейтральному стандартному туману: - концентрация 2500 ± 300 мг/м ³ ; - средний радиус	Испытания методом пламенного фотометра по хлорида натрия: Концентрация аэрозоля NaCl в камере от 4 до 12 мг/м ³ ; Объемный расход аэрозоля 95 л/ мин. Давление воздуха в	ДСТУ EN 13274-1:2005. ЗІЗОД. Методи випробування. Частина 1. Визначення коефіцієнту проникання і	1. Отменен метод, позволявший проводить испытания на оборудовании старого образца;

	<p>частиц (1,4-1,7) * 10-5см; - коэффициент подсоса масляного тумана не больше 0,01%; - объемная скорость постоянного потока масляного тумана 30 ± 1л/мин; - объемная скорость очищенного воздуха, подаваемого на обдув камеры нефелометра около 30 л/ мин.</p>	<p>распылителе 3,3 - 3,6 бар; Объемный расход до распылителя от 12,5 до 13 л / мин. Объемный расход потока воздуха после распыления 82 л / мин. Испытания по SF₆, методом электронного захвата или методом инфракрасной спектроскопии Диапазон концентраций SF₆ - 0,01 - 20%.</p>	<p>загального коефіцієнта проникання.</p>	<p>2. Изменено требование к показателю. 3. Необходимо оснащение испытательных лабораторий новым соответствующим оборудованием</p>
Вес	<p>Вес коробок марок М и СО определяют с погрешностью не более 5 г. Вес коробок других марок не проверяют (ГОСТ 12.4.122-83 Коробки фильтрующе-поглощающие для промышленных противогазов. Технические условия)</p>	<p>Применяют общепринятые средства и методы</p>		<p>Показатель измеряется общепринятыми средствами</p>
Время защитного действия	<p>Объемная скорость потока 30 л / мин ± 0,6%. Диапазон концентраций тест-вещества, мг /л - цианид водорода – 1-15; - бензол - 3 - 30; - сернистый газ - 1-15; - пары ртути, насыщенные при 20 °С; - арсин - 3 - 12; - сероводород - 1 - 10; - аммиак - 1 - 10; - оксид углерода - 2-15</p>	<p>Объемная скорость потока 30 л / мин ± 3%. Отклонения концентрации: - входная - ± 10%; - выходная - ± 20%; Концентрация тест-веществ, мг /л - циклогексан - 3,5 - А; 17,5 - А₂, 28 - А₃; - хлор - 3,0 - В₁, 15 - В₂, 30 - В₃; - цианид водорода - 1,1 - В₁, 5,6 - В₂; 11,2 - В₃; - сернистый газ - 2,7 - Е₁; 13,3 - Е₂; 26,6-Е₃; - пары ртути - 13 ± 1; - сероводород - 1,4 - В₁, 7,1 - В₂; 14,2 - В₃; - аммиак - 0,7 - К₁; 3,5 - К₂, 7 - К₃; - диметилвый эфир - 0,95; - изобутан - 6,0; - оксид азота - 3,1; - диоксид азота - 4,8;</p>	<p>ДСТУ EN 14387:2006. ЗІЗОД. Фільтри проти газів і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробування, маркування</p>	<p>Испытания могут осуществляться на оборудовании старого образца при условии дополнения набора тест-веществ. Для фильтров марки Е₃ и В₃ необходимо расширение диапазона концентраций по сернистом газу и сероводорода.</p>
Герметичность	<p>δ = ± 10%; Цена деления 1 мм.вод.ст.; Диапазон измерения от 0 до 200 мм вод. ст. Испытательное давление 120 мм рт. ст.</p>	<p>Не определяется</p>	<p>ДСТУ EN 14387:2006. ЗІЗОД. Фільтри проти газів і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробування, маркування</p>	<p>Показатель может испытываться согласно техническим требованиям на изделие.</p>

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Основными задачами создания и содержания запасов средств защиты являются достижение уровня обеспеченности ими населения для защиты от ЧС природного и техногенного характера, обеспечение их количественной и качественной сохранности в течение установленных гарантийного и назначенного сроков хранения и эксплуатации, а также поддержания в состоянии постоянной готовности к своевременной выдаче (укрытию в случае коллективных средств защиты) для использования по назначению.

Принятые в Украине ДСТУ, нормирующие основные показатели средств защиты, в своем большинстве гармонизированы с европейскими стандартами [5-9]. Методы испытаний, согласно указанным нормативам, должны осуществляться на современных стендах и оборудовании. В Украине подобного оснащения не производится, в связи с чем, в современных условиях возникла проблема возможности адаптации существующих методик испытаний и имеющегося оборудования к современным требованиям европейских стандартов.

Реализация такой адаптации возможна при условии разработки и внесения соответствующих изменений в существующие методики испытаний средств защиты [26].

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной задачей проведения лабораторных испытаний является установление (подтверждение) факта соответствия или не соответствия испытываемых образцов требованиям ГОСТов (технических условий), частичной или полной утраты их защитных и эксплуатационных свойств.

Решение поставленной задачи возможно только путем обеспечения требуемого уровня и качества научно-технических методов исследований, достоверности полученных результатов и их доступности для должностных лиц, уполномоченных осуществлять контроль за проведением испытаний.

Переход Украины на новые стандарты требует пересмотра и внесения соответствующих изменений в существующие методики проведения испытаний средств защиты. В связи с чем, по заказу Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям была проведена научно-исследовательская работа [15], целью которой было усовершенствование методик и приведения к единым требованиям организации и проведения лабораторных испытаний средств индивидуальной и коллективной защиты, выполняемых в территориальных подразделениях ГСЧС Украины.

При этом, учитывая измерительный характер выполнения испытаний, необходимо было соблюсти

основные метрологические цели работы, а именно: обеспечение выполнения измерений с погрешностью, не превышающей нормы погрешности

Задачи, решаемые при выполнении работы, были следующие:

- обобщение имеющегося опыта использования существующего в системе ГСЧС Украины оборудования для проведения лабораторных испытаний средств защиты;
- совершенствование методов испытаний с целью повышения качества оценки состояния эксплуатируемых и находящихся на хранении средств защиты;
- разработка методик испытаний средств индивидуальной и коллективной защиты, отвечающих современным требованиям европейских стандартов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-исследовательская работа проводилась путем анализа существующей руководящей, технической и методической литературы [3-12, 16-18] в области испытаний средств индивидуальной и коллективной защиты.

Процедура разработки методики выполнения измерений состояла из следующих этапов:

- разработка, согласование и утверждение ТЗ;
- анализ измерительной задачи;
- выбор метода и средств измерений, вспомогательных и других технических средств;
- установление последовательности и содержания операций при подготовке и выполнении измерений, обработке промежуточных результатов и вычислении окончательных результатов измерений;
- организация и проведение эксперимента (метрологических исследований) по оценке показателей точности МВИ с целью установления приписанных характеристик погрешности (неопределенности) измерений, характеристик составляющих погрешности; экспериментальная апробация установленного алгоритма выполнения измерений;
- установление приписанной характеристики погрешности (неопределенности) измерений, характеристик составляющих погрешности измерений с учетом требований, содержащихся в исходных данных на разработку МВИ;
- разработка процедур и установление нормативов контроля точности получаемых результатов измерений;
- разработка проекта документа на МВИ;
- метрологическая экспертиза проекта документа на МВИ;
- аттестация МВИ;
- стандартизация МВИ.
- утверждение проекта документа на МВИ.

Разрабатываемые процедуры выполнения измерений проверялись экспериментальным путем в химико-радиометрических лабораториях территориальных органов Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основанием для проведения данного исследования являлись:

- Постановление Кабинета Министров Украины от 19 августа 2002 № 1200 "Об утверждении порядка обеспечения населения и личного состава невоенизированных формирований средствами радиационной и химической защиты " ;
- п. 22 Общегосударственной целевой программы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера на 2013-2017 годы (Закон Украины от 7.06.2012 № 4909 - VI) ;
- Поручение Кабинета Министров Украины от 11.12.2007 № 862- дсп и от 15.01.2010 № 2329 - дсп по выполнению Комплексного плана мероприятий центральных органов исполнительной власти , Совета министров Автономной Республики Крым , местных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления по сохранению и развитию фонда защитных сооружений гражданской защиты.

При выполнении научно-исследовательской работы были соблюдены все положения, определяющие понятие «Методика выполнения измерений» (МВИ) – это, в первую очередь, требования к показателям точности измерений, а также четко установленная совокупность операций и правил, выполнение которых позволяет получить достоверные результаты.

Разработку МВИ осуществлялась на основе исходных данных, включающих: назначение МВИ, требования к точности измерений, условия выполнения измерений и др. требования к МВИ.

Основные исходные данные были сформированы в техническом задании на разработку МВИ, утвержденном Государственной службой Украины по чрезвычайным ситуациям.

Разработанные по итогам научно-исследовательской работы методики лабораторных испытаний распространяются на фильтрующие средства защиты органов дыхания, костюмы специальные защитные изолирующего типа и убежища гражданской защиты, работающие во втором и третьем режимах вентиляции.

Выполненные в соответствии с ГОСТ 8.010.90 [2] Методики устанавливают:

- методы измерений (испытаний) при определении пригодности средств защиты для дальнейшего их хранения или эксплуатации;
- периодичность проведения испытаний;
- требования по маркировке выше указанных средств защиты;

- требования к выполнению их (измерений) испытаний;

- перечень основных нормативных правовых актов, нормативно-технических, методических и других руководящих документов, регламентирующих проведение лабораторных испытаний указанного вида средств защиты.

Областью применения полученных результатов работы предполагается сфера по обеспечению защиты жизни и здоровья человека.

Методические рекомендации предназначены для использования структурными подразделениями территориальных органов ГСЧС Украины и организациями, производящими, накапливающими и использующими средства индивидуальной и коллективной защиты населения.

Разработанные методики обеспечивают получение достоверных результатов для принятия ответственных решений о возможности оснащения данными средствами защиты спасательных подразделений ГСЧС, работающего персонала предприятий и населения.

ВЫВОДЫ

1. Усовершенствованы существующие методы испытаний средств индивидуальной и коллективной защиты, путем объединения имеющегося опыта проведения указанных испытаний и современных требований европейских стандартов, принятых в Украине.

2. В соответствии с единым унифицированным подходом при определении степени соответствия требованиям современных стандартов разработано три методики проведения лабораторных испытаний средств защиты:

- Методика проведения лабораторных испытаний впробувань засобів захисту органів дихання;
- Методика проведения лабораторных испытаний впробувань засобів захисту шкіри;
- Методика оцінки якісного стану фільтрів-поглиначів у захисних спорудах.

3. Полученные методики апробировано в химико-радиометрической лаборатории Главного управления ГСЧС Украины в АР Крым.

4. На выполнение измерений, проводимых согласно разработанным методикам, получено Свидетельство аттестации ГП «Крымстандартметрология», что свидетельствует про качество и соответствие заявленных испытаний критериям метрологических требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветрова Н., 2012: Экологический аудит и экологический мониторинг в управлении экологической безопасностью региона.// MOTROL.- Vol.14, № 1, 82 - 87.
2. ГОСТ 8.010.90. Методики выполнения измерений. – 76.
3. ДСТУ ГОСТ 12.4.041:2006 ССБП. ЗІЗОД фільтрувальні. Загальні технічні вимоги. – 34.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ

4. ДБН В.2.2.5-97 - Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони. – 48.
5. ДСТУ EN 136:2003 ЗІЗОД. Маски. Вимоги, випробування, маркування. – 34.
6. ДСТУ EN 340-2001 Одяг спеціальний захисний. Загальні вимоги. – 28.
7. ДСТУ EN 466-2001 Одяг захисний. Захист від рідких хімікатів. Вимоги до захисного одягу від рідких хімікатів з непроникними для рідини з'єднаннями між різними частинами одягу (спорядження, тип 3). – 16.
8. ДСТУ EN 943-2: 2005 Костюми ізолювальні для захисту від рідких і газоподібних хімікатів, включно рідинні аерозолі і тверді частки. Частина 2. Технічні вимоги до „газонепроникних” (Тип 1) ізолювальних костюмів, що використовуються аварійно-рятувальними підрозділами. – 28.
9. ДСТУ EN 14387:2004 ЗІЗОД. Фільтри протигазові і фільтри скомбіновані. Вимоги, випробування, маркування. – 42.
10. Инструкция по оценке качественного состояния фильтров-поглотителей в защитных сооружениях гражданской обороны, 1970. - 56.
11. Інструкції з тривалого зберігання засобів радіаційного та хімічного захисту, Наказ МНС України від 16.12.2002 № 330. - 12.
12. Інструкція щодо утримання захисних споруд цивільної оборони в мирний час, наказ МНС України від 09.10.2006 № 653. - 34.
13. Коллективные и индивидуальные средства защиты. Контроль защитных свойств, 2002// Энциклопедия «Экометрия», 33-34.
14. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році, 2013.. К. – 28.
15. Отчет по НИР., 2013. Розроблення методик проведення випробувань засобів індивідуального та колективного захисту. – Симферополь: ГУ ГСЧС, НАПКС.- 101.
16. Постанова КМУ від 19 серпня 2002 року №1200 :Про затвердження порядку забезпечення населення і особового складу невоєнізованих формувань засобами радіаційного та хімічного захисту. – К. – 32.
17. СОУ МНС 75.2-00013528-004:2010 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Засоби очищення повітря захисних споруд цивільного захисту (цивільної оборони). Класифікація й загальні технічні вимоги. – 38.
18. СОУ МНС 75.2-00013528-005:2011 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Комплекти засобів індивідуального захисту рятувальників. Класифікація й загальні вимоги. – 26.
19. Стоянов В., Фридман А., Стоянов В., 2010: Оценка вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций в рекреационных зонах Крымского полуострова в результате воздействия полигонов твердых бытовых отходов.// MOTROL. - № 12С, 181 - 191.
20. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Г 10-1033-71 ТО «Противогаз гражданский ГП-5». - 12.
21. ТУ Г-10-1103-82 «Противогаз ГП-7». – 16.
22. ТУ Г-10-1104-82 «Коробка фильтрующе-поглощающая ГП-7к. – 18.
23. ТУ Г-10-1105-82 «Лицевая часть МГП». – 6.
24. ТУ 17 04-6788-84 Защитный плащ ОП-1. - 12.
25. ТУ 17 04-6980-84 Чулки. - 8.
26. Стоянов В., Бакулина М., Стоянов В., Акимов Ф., 2012. Математическое моделирование процесса регенерации воздуха в герметизированных защитных сооружениях.// MOTROL.- Vol. 14, -№ 6, 75 - 79.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR TESTING OF INDIVIDUAL AND COLLECTIVE PROTECTION MEANS

Summary. The article presents the results of research work to develop and improve methods of testing of individual and collective protection that meet modern European standards.

Key words: individual and collective protection means, periodical laboratory testing, dangerous chemical substances, Methods of measures (testing).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК СО СТЕНКОЙ ИЗ OSB И НАГЕЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ПОЯСОВ СО СТЕНКОЙ.

Владимир Синцов, Александр Синцов

Симферополь Национальная Академия природоохранного и курортного строительства

г. Симферополь, ул. Павленко, 5, корпус 2, к. 301.

E-mail: sintsov_a.v@mail.ru

Аннотация. Представлены рекомендации по проектированию составных деревянных балок со стенкой из OSB и нагельными соединениями поясов со стенкой.

Ключевые слова. Плита OSB, деревянные бруски, стальные нагели, механические характеристики.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В Украине активно развивается отрасль строительства - каркасное домостроение малоэтажных зданий с применением деревянных составных двутавровых балок и стоек рис. 1 [1].

Традиционно деревянные составные двутавровые и коробчатые балки – балки из деревянного бруса и строительной фанеры с соединением полок со стенкой на клею или на гвоздях. При производстве фанеры применяют формальдегид. В Европе строительные материалы по уровню излучаемого формальдегида делятся на три класса: E 1 (до 0,1 ppm), E 2 (0,1...1,0 ppm) и E 3 (1,0...2,3 ppm). В Украине и Российской Федерации похожие классификации, только уровни излучения в классах выше. Строительная фанера по уровню эмиссии формальдегида относится к украинскому (российскому) классу E 2. Применение в составной двутавровой балки в качестве материала для стенки плиты OSB (Oriented Strand Board - ориентированно-стружечная плита) снизит уровень излучаемого формальдегида. Количество формальдегида, излучаемого OSB, составляет менее 0,1 ppm (частей на миллион), что соответствует уровню эмиссии E 1.

На кафедре МДК НАПКС в течении последних пяти лет проводятся исследования по применению материала OSB [3] в составных двутавровых балках [2, 9-12].

Данный материал, обладающий высокими механическими характеристиками – достаточная высокая прочность, хорошая гвоздимость, водонепроницаемость нашёл широкое применение при изготовлении составных деревянных конструкций.

Применение нагельных соединений в составных деревянных конструкциях из тонкомерной древесины - один из путей снижения материальных затрат в малоэтажном строительстве, становится актуальным в связи с отсутствием определенной технологической базы изготовления клееных деревянных конструкций, относительно высокой цены на клей, а в ряде случаев, с невозможностью использовать другие

виды соединений.

Особенность двутавровой балки со стенкой из плиты OSB с нагельным соединением с полками состоит в том, что в отличие от других плитных материалов OSB обладает способностью удерживать крепёж не связующим, а характером укладки щепы, многочисленными тонкими щепами, ориентированными в плоскости, перпендикулярной к оси крепёжных элементов.

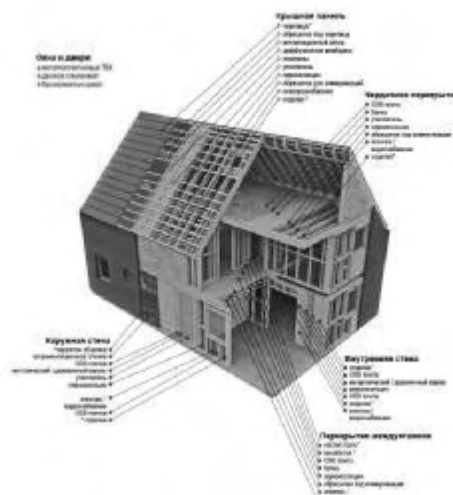


Рис.1. Конструктивное решение дома по каркасной технологии фирмы «АртБуд».

Fig.1. Constructive solution to house framing technology of "ArtBud."

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Провести исследования для определения напряженно – деформированного состояния (НДС) элементов составных деревянных балок со стенкой из OSB и нагельными соединениями поясов из деревянных брусков в лаборатории деревянных конструкций НАПКС [9-12]. Определить несущую способность нагельного соединения OSB и поясов из деревянных брусков. По результатам исследований разработать рекомендации по проектированию данных конструкций.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ.

Используя экспериментально–теоретический метод В.М.Коченова несущую способность соединения определяли по следующим расчетным характеристикам:

- в пределах начального этапа загрузки - расчетным сопротивлением OSB смятию, на этапе разрушения - расчетным сопротивлением OSB растяжению, а для нагеля - расчетным сопротивлением по пределу текучести стали, из которой нагель изготовлен;
- учитывая, что расчетное сопротивление нагеля по пределу текучести многократно превосходит расчетные характеристики листа OSB, несущую способность нагеля будем определять предельной деформацией;
- расчетную предельную деформацию нагеля ограничим отношением полной деформации к «упругой» - $\delta_{п} / \delta_{уп} = 2$.

Использование для сплачивания элементов в составной балке стальных нагелей за счет наличия резьбы на них по всей длине позволило получить соединение высокой сплошности по сравнению с гвоздевыми соединениями.

Разработанные образцы с нагельным соединением предназначены для испытания на растяжение, в результате которого в соединении будет происходить сдвиг элементов друг относительно друга.

Таблица 1. Данные по образцам
Table 1. Data on samples

№ п.п	Составные элементы образца	К-во шт	Сечения элементов	Вид соединения
1	Лист OSB+лист OSB	10	10x35x300 10x35x80	Нагельное (один нагель)
2	Лист OSB+лист OSB	10	10x35x300 10x35x80	Нагельное (два нагеля)
3	Лист OSB+дер. брусок	10	10x35x300 35x35x80	Нагельное (один нагель)
4	Лист OSB+дер. брусок	10	10x35x300 35x35x80	Нагельное (два нагеля, шаг 37,5 мм)
5	Лист OSB+дер. брусок	10	10x35x300 35x35x80	Нагельное (два нагеля, шаг 50 мм)
6	Лист OSB+дер. брусок	10	10x35x300 35x35x80	Нагельное (два нагеля, шаг 100 мм)

В качестве выходных параметров – разрушающее усилие, верхняя граница упругой стадии деформации, относительное перемещение элементов соединения при достижении F_{I-II} .

Анализ работы нагельного соединения с одним шурупом (тип соединения №3):

- при росте нагрузки на соединение до 80 кг, в соединении наблюдалась относительно упругая работа элементов, составляющих

соединение. При $F = 80$ кг абсолютная деформация растяжения составила $\delta = 2,5$ мм;

- с увеличением нагрузки появились деформации смятия в элементах соединения, произошло изменение угла наклона участка диаграммы «нагрузка – деформации». При нагрузке $F = 140$ кг абсолютная деформация составила $\delta = 5$ мм;

- при дальнейшем увеличении нагрузки появились деформации нагелей в поперечном направлении приложению нагрузки – изгиб нагеля и продолжался рост деформаций смятия. При нагрузке $F = 180$ кг абсолютные деформации растяжения составили $\delta = 9$ мм;

- дальнейшее увеличение нагрузки до $F = 220$ кг привело к росту абсолютных деформаций и появлению в листе OSB трещин от растягивающих усилий. Величина абсолютной деформации составила $\delta = 11$ мм;

- дальнейшее увеличение нагрузки привело к росту трещин в листе OSB и разрушению образца. Разрушение лист OSB нагельного соединения представлено на рис. 2.а.

- разрушения образцов с нагельным соединением (тип 1,2,3) сопровождалось значительными абсолютными деформациями, достигавшими в отдельных образцах значения $\delta_{max} = 13...16$ мм.

Определение верхних границ упругих деформаций, перемещений и максимальной нагрузки производилось графоаналитическим методом профессора В.М. Коченова по построенным зависимостям «нагрузка - деформация».

Для каждого образца были получены значения несущей способности нагелей F_{I-II} и верхней границы упругих деформаций δ_{I-II} . Значения максимальной F_{I-II} нагрузки определялись в момент появления трещин или характерного треска.

Учет длительности действия внешней нагрузки был произведен приведением фактической средней несущей способности F_{I-II} , соответствующей верхней границе упругих деформаций, к длительной в соответствии с [16]:

$$\bar{T} = \overline{F_{I-II}} / K_{уд} \quad (1)$$

где: $K_{уд} = 2,04$ коэффициент безопасности, учитывающий длительность действия нагрузки (по источнику [16]).

а)



6

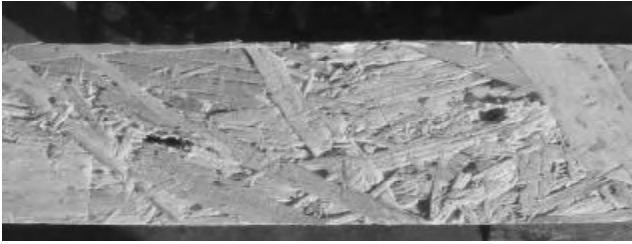


Рис. 2. Элементы образцов из листа OSB после разрушения:

- а – разрушение элемента OSB с одиночными нагелями от растяжения;
- б – разрушение элемента OSB с двумя нагелями (шаг 100 мм) от смятия.

Fig. 2. Elements of the samples after the destruction of OSB sheet:
and - the destruction element OSB with single pegs from stretching;
b - the destruction element OSB with two pegs (step 100 mm) of the shear.

Для определения НДС элементов составных деревянных балок проведены численные и экспериментальные исследования.

Численные исследования проводились с применением ПК версии «ЛИРА-W9.6». Данный ПК п

редоставляет возможность производить расчеты объектов с учетом физической и геометрической нелинейностей, моделировать процесс разрушения конструкции.

В качестве основного элемента для создания расчетной модели составной балки приняты конечные элементы 41, 42 – элементы для создания оболочки, которые использованы для элементов стенки и полки, металлические нагели моделировались двумя способами – с использованием конечного элемента – стержневой элемент и конечного элемента – элемент оболочки.

Расчет компьютерных моделей проводился с моделированием линейных и нелинейных загрузжений. При моделировании нелинейных загрузжений конечные элементы КЭ 41 и КЭ 42 заменялись на конечные элементы КЭ 241 и КЭ 242 – физически нелинейные универсальные прямоугольные и треугольные элементы оболочки. В таких элементах материал конструкции подчиняется нелинейному закону деформирования с различными пределами сопротивления растяжению и сжатию.

По характеру распределения напряжений в элементах компьютерной модели балки (первый вариант) можно сказать следующее:

- нормальные продольные напряжения s_x в стенке достигают максимальных сжимающих значений $s_x = -11,7$ МПа у верхнего пояса в месте приложения нагрузки, в пролете незначительно превышая значение расчетного сопротивления сжатию материала стенки. А максимальные

растягивающие продольные напряжения s_x в стенке в этом сечении равны $s_x = 10,92$ МПа у нижнего пояса также незначительно превышая значение расчетного сопротивления растяжению материала стенки;

- нормальные поперечные напряжения s_y в стенке достигают максимальных сжимающих значений $s_y = -4,233$ МПа в месте приложении внешней нагрузки в области верхнего пояса, составляя примерно 45 % от расчетного сопротивления сжатию материала стенки, а нормальные поперечные напряжения s_y в поясе в месте приложения внешней нагрузки составляют величину $s_y = 7,567$ МПа, составляя примерно 55 % от расчетного сопротивления на растяжение – сжатие материала пояса;

- касательные напряжения в стенке достигают максимального значения $\tau_{xy} = -4,47$ МПа в сечении, удаленном от опоры на расстоянии 10 см в средней ее части. По мере приближения к сечению, в котором приложена внешняя нагрузка, величина напряжений снижается и составляет $\tau_{xy} = -3,078...-3,082$ МПа, что ниже уровня продольных и поперечных нормальных напряжений в элементах стенки в 2-3 раза, и близко к расчетному сопротивлению на срез материала стенки.



Рис. 3. Картина разрушения стенки в местах приложения внешней нагрузки (случай нагружения двумя силами) и опорных сечениях.

Fig. 3. Painting wall destruction in places external forces (loading case the two forces) and reference sections.

Конструкция составной двутавровой балки, в которой в качестве стенки применен материал OSB [2], а пояса соединены со стенкой на стальных нагелях, представляет собой строительную конструкцию, в которой необходимо учитывать разномодульности составляющих ее элементов и податливость связей в соединении элементов [4-8,12].

При компоновке составной балки данной конструкции (рис. 4) рекомендуем выполнить следующие действия:

Высоту сечения балки принимаем в пределах 1/10...1/14 пролета балки;

Пояса балок выполняем из мелкогабаритного деревянного бруса.

Высоту поясов принимаем в пределах $h_n \geq h_0/6$ (сечение – от 35*35 мм при пролетах балки 2-3 м, до 60*60 при пролетах 4-6 м). Полки примыкают к стенке из OSB по бокам. Древесина поясов – сосна II сорта;

Для стенок использовать водостойкую ориентировано - стружечную плиту OSB толщиной от 8 до 16 мм (в пределах от 250x8...250x10мм при пролетах балки 2...3 м, до 350x12...450x16 - при пролетах 4-8 м.);

- Соединение полок со стенкой выполняем на нагелях. Расстояние между нагелями, предварительно принимаем равным ширине полки плюс 1...3 см, далее уточняем расчетом;
- Ширину опорного ребра принимаем равной высоте сечения поясного бруска.
- В местах передачи сосредоточенной нагрузки на балку на верхний пояс устанавливаем поперечные ребра.

Закомпонованное сечение составной балки рассчитываем по следующему алгоритму:

Определяем приведенные геометрические характеристики составного сечения:

- Момент инерции брутто приведенных поперечных сечений относительно нейтральной оси по формуле 1,

$$J_x = \frac{\delta \cdot H^3}{I^2} \cdot \frac{E_{OSB}}{E_1} + \gamma \cdot \sum_{i=1}^n n \cdot A_i \cdot a_i^2 \quad (2)$$

Проводим проверку принятого сечения составной балки по нормальным и касательным напряжениям:

- Максимальное напряжение по сечению в сжатой зоне в стенке по формуле 2;
- Максимальное напряжение в сжатой зоне поясных брусков по формуле 3;
- Максимальные нормальные напряжения в растянутой зоне (по оси, проходящей через центр тяжести растянутого пояса) по формуле 4;
- Максимальные касательные напряжения с стенкой по формуле 5.

$$\sigma_{rs} = \frac{M}{J_x} \left(\frac{h - 2t_f}{2} \right) \quad (3)$$

Рис. 4. Данные к расчету.

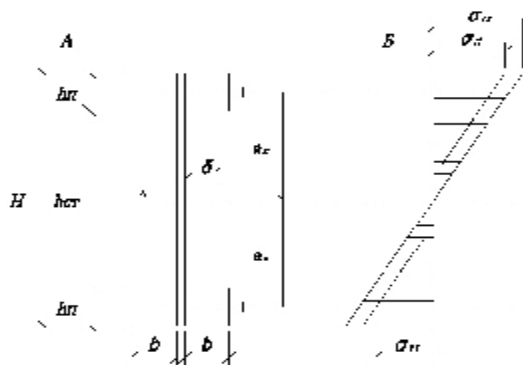


Fig. 4. Data for calculation.

A - поперечное сечение составной двутавровой балки;

Б - эпюра нормальных напряжений в поперечном сечении составной двутавровой балки.

$$\sigma_{r1} = \pm \frac{M}{J_x} \left(\gamma \cdot a_1 \cdot \frac{A_1}{A_{1n}} \pm \frac{t_f}{2} \cdot \frac{J_1}{J_x} \right) \quad (4)$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M}{J_x} \cdot \gamma \cdot a_1 \cdot \frac{A_1}{A_{1n}} \quad (5)$$

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max}}{J_x \cdot \delta} (\gamma \cdot S_1 + S_3) \quad (6)$$

Проверку прочности соединения пояса со стенкой на стальных нагелях из условия сопротивления сдвигу проводим по формулам:

$$\tau = \frac{Q_{max} \cdot \gamma \cdot S_1}{t_w \cdot J_x} \quad (7)$$

$$N_\tau = \tau \cdot \delta = \frac{Q_{max} \cdot \gamma \cdot S_1}{J_x} \quad (8)$$

Шаг стальных нагелей уточняем по формуле

$$S = \frac{n \cdot T_{min}}{N_\tau} \quad (9)$$

Несущую способность нагеля для элементов крепления при простом сдвиге из условия изгиба нагеля по формуле 10 или из условия смятия наименее прочного из соединяемых элементов по формуле 11

$$T_1 = K_u \cdot d_n^2 \cdot \sqrt{R_u} \cdot \sqrt{R_{cm}^{ocn}} \quad (10)$$

$$T_2 = k_1 \cdot t_w \cdot d_n \cdot R_{cm}^{ocn} \quad (11)$$

В качестве расчетного значения принимаем минимальное из полученных значений

$$T_{расч} = T_{min} (T_1, T_2) \quad (12)$$

Проверку деформативности составного двутаврового сечения проводим по формуле 13. При этом модули упругости рекомендуется принимать с понижающим коэффициентом $K=0,8$, который позволит учесть длительность эксплуатации конструкции.

$$f_n = f_m + f_a \leq [f] \quad (13)$$

Приведенная методика проектирования составной двутавровой балки со стенкой из OSB и с нагельными соединениями поясов со стенкой позволяет подобрать сечение составных балок с учетом разномодульности элементов балки и податливости нагельных соединений поясов со стенкой для разных пролетов и нагрузок для перекрытий жилых и общественных зданий. Результаты подбора сечений балок при определенных пролетах с указанием предельных расчетных внутренних усилий приведены в таблицах 2 и 3.

Приведенные в таблицах данные имеют ориентировочный характер и не могут быть рекомендованы для конкретных проектных решений. Указанные в таблицах значения предназначены для предварительных расчетов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

Таблица 2 Пределные нагрузки на составные балки
Table 2 Limit loads on composite beams

Марка балки	Сечение стенки, мм	Сечение полок, мм	Диаметр и шаг нагелей, мм	M _{max} КН*м	Q _{max} , кН	A _{прив.} , см ²	J _x , см ⁴
Б-200	200x10	35x35	4/60	4,35	2,75	57,7	2094
Б-250	250x10	38x38	4/65	6,5	3,45	68,64	4807
Б-400	400x12	38x38	4/50	13,50	7,45	78,64	19200

Таблица 3. Допустимые пролеты составных балок
Table 3. Allowable spans composite beams

Б-200			
Постоянная нагрузка, кПа	1,00		
Полезная нагрузка, кПа	1,5	2,00	2,50
Шаг балок, м	Допускаемый пролет, м		
0,4	4,75	4,45	4,10
0,5	4,35	3,95	3,67
0,6	3,95	3,65	3,35
Б-250			
Постоянная нагрузка, кПа	1,00		
Полезная нагрузка, кПа	1,5	2,00	2,50
Шаг балок, м	Допускаемый пролет, м		
0,4	5,95	5,55	5,25
0,5	5,45	4,97	4,85
0,6	5,10	4,71	4,53
Б-400			
Постоянная нагрузка, кПа	1,00		
Полезная нагрузка, кПа	1,5	2,00	2,50
Шаг балок, м	Допускаемый пролет, м		
0,4	9,30	8,90	8,40
0,5	8,70	8,30	7,75
0,6	8,30	7,65	7,10

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивец В. Доклад председателя Государственного агентства лесных ресурсов Украины на интернет-конференции на портале ЛІГА.net/ЛІГАБізнесІнформ/ Інформаційне агентство/www.liga.net
2. Балка складена. Патент № 42078 от 25.06.2009, бюл.№12, 2009.
3. Oriented Strand Board in Wood Frame Construction. Structural Board Association./ Representing the OSB Industry /U.S. Edition, 2005. 34 с
4. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. М.: Стройиздат 1996.
5. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1986.
6. Конструкции из дерева и пластмасс., 1986. Учебник для вузов /Под редакцией проф. Карлсена Г.Г. / – М.: Стройиздат.-543.
7. Стоянов В.В., 2005. «Экспериментальные исследования двутавровых деревянных балок». Сб. научных трудов 5, Ч.1. –208-213.
8. Синцов А.В., 2009. Исследование напряженно-деформированного состояния элементов составных балок /Сб. научных трудов «Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения» Вып. №3 Ч. I. – Симферополь:Таврия. - 153-160.
9. Синцов В.П., 2010. О работе составной деревянной балки со стенкой из OSB/Синцов В.П., Синцов А.В.// Сб. научных трудов. Строительные конструкции и техногенная безопасность. - Вып.31, 68 - 72.
10. Синцов В.П., 2011. К вопросу о работе соединений деревянных брусков с листами OSB/Синцов В.П., Синцов А.В. Сб. научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины». - Том 3 (15), 203-208.
11. Синцов А.В., 2012. К расчету составных деревянных двутавровых балок со стенкой из OSB и нагельными соединениями поясов со стенкой// Сб. научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины». - Том 4 (16), 199 - 206.
12. «Les poutres bois profilees a ame contreplaque» Conception, 1987. SÉRIE: TECHNIQUE GÉNÉRALE DE LA CONSTRUCTION 104. DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS. № 454, 129-144.
13. Кириленко В.Ф. 2009. Механическое оборудование и технологические линии по изготовлению деревоферных балок. // MOTROL. - Вып. 11А, 183 - 190.
14. Сукач М., 2009. Проблемы добычи твердых полезных ископаемых со дна мирового дна.// MOTROL. - Вып. 11А, 116 - 123.
15. Синцов А.В., 2012. Расчет составных двутавровых балок со стенкой из OSB и нагельными соединениями поясов со стенкой.// MOTROL. - Vol. 14, №6, 99-105.
16. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций [Текст] / ЦНИИСК им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1981. - 40

RECOMMENDATIONS FOR DESIGN OF COMPOSITE BEAMS WITH WOODEN WALL OF OSB AND CONNECTIONS DOWEL WITH A BELT.

Summary. Provides recommendations on the design of composite wood beams to the wall of the OSB and dowel joints zones with a wall.

Key words: Plate OSB, wood blocks, steel pins, the mechanical characteristics.

АНАЛИЗ В И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ В КОНТАКТНЫХ АППАРАТАХ

Владислав Спинов

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Адрес: Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, г.Одесса,
Украина, 65029

E-mail:valera2187@rambler.ru

Аннотация. Проведен анализ устройств для интенсификации тепломассообмена в контактных аппаратах. Усовершенствована математическая модель теплообмена для пенного аппарата с вихревой тарелкой. Определены коэффициенты теплоотдачи, и их сравнение с теплообменными характеристиками традиционной тарелки.

Ключевые слова: контактные аппараты, тепломассообмен, вихревые потоки, завихрители, энергоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение эффективной работы тепло- и массообменного оборудования (испарителей, парогенераторов, конденсаторов, деаэраторов, подогревателей, охладителей) тепловых и атомных электростанций, котельных, теплопунктов промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства, особенно входящего в состав систем водоподготовки, тепло- и водоснабжения и непосредственно влияющего на качество приготовляемой воды, остается важной задачей и сегодня. Актуальность ее решения возрастает в настоящий период, характеризующийся постоянным ростом стоимости энергоносителей, аппаратуры, а также повышенным вниманием к вопросам энерго- и ресурсосбережения. Существенное повышение эффективности оборудования, обеспечивающее значительное снижение металлоемкости и энергопотребления на производство продукции, возможно в первую очередь за счет интенсификации процессов теплообмена.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Для теплообменных аппаратов и мокрого пылеулавливания разработан ряд оригинальных устройств, которые позволяют интенсифицировать процессы теплообмена происходящие в этих аппаратах.

Так в [1], предложена конструкция контактной тарелки для тепломассообменного аппарата, конструкция которой позволяет увеличивать закручивание потока и обеспечить более полное использования рабочего объема аппарата за счет отверстий оснащенных лепестками, отогнутыми под углом к плоскости диска и образуют щелевые отверстия в форме креста с загнутыми под прямым углом концами.

В некоторых случаях увеличение эффективности теплообменных аппаратов за счет улучшения газонасыщенности барботажного слоя, увеличения высоты динамической пены на тарелке и уменьшения забиваемости отверстий, достигается путем выполнения тарелки из шаров жестко закрепленных по хордам окружности параллельными рядами вплотную один к другому [2].

В этом аппарате газ проходит снизу вверх в отверстия между шарами и образует на тарелке газожидкостный слой, в котором происходят процессы тепломассообмена или пылеочистки. Такая конструкция тарелки позволяет увеличить периметр слива, уменьшить гидравлическое сопротивление. Увеличить газонасыщенность слоя и уменьшить забиваемость отверстий.

Для снижения потерь кинетической энергии газа при прохождении его через щелевую тарелку, щели снабжают прикрепленной полосой, что повышает эффективность работы за счет увеличения турбулизации газо-жидкостного слоя [3]. Авторами разработки рекомендуется устанавливать полосы наклонно под углом 70-80° к горизонтальной плоскости. Такое техническое решение повышает эффективность массопередачи, как в жидкой так и в газовой фазе на 20%.

Одной из важных характеристик любого контактного аппарата является величина брызгоуноса из аппарата. Многими отечественными и зарубежными специалистами ведется поиск рационального решения с целью минимизации уноса жидкости в процессе тепломассообмена.

Для снижения брызгоуноса применяется изменение направления движения жидкости через тарелку путем применения закручивающих устройств.

Например, в конструкции тарелки предложенной в [4] для изменения направления движения применяются перегородки с треугольными лепестками, отогнутыми в противоположных направлениях. Работа тарелки осуществляется в режиме противотока, жидкость накапливается на тарелке, образуя взаимодействующий газожидкостный слой из которого выделяется значительное количество капель. Капли, ударяясь о лепестки тарелки, изменяют направление движения и движутся под углом к плоскости тарелки. Между перегородками создается направленная циркуляция жидкости, за счет которой снижается брызгоунос и а также расширяется диапазон устойчивой работы тарелки.

Для модернизации сетчатых барботажных тарелок, недостатком которых является неравномерность распределения фаз в рабочем

сечении тарелки, которая приводит к проскоку (неконтакту) газа, особенно в зазоре между периметром тарелки и царгой, применяют специальный завихритель установленный по периметру тарелки [5].

Тарелка работает следующим образом. При поступлении жидкости и газа бароботажная тарелка работает в центральной части как обычная сетчатая тарелка, а по периметру, как тарелка с закрученным потоком фаз. Вращающаяся по периметру зона (круг) фаз делает невозможным проскок (неконтакт) фаз. Вращательное движение фаз у царги «подтормаживает» жидкость, стекающую вниз, вследствие чего, образуется градиент уровней на ее периферии и у центра тарелки. Поэтому жидкость от периферии перемещается равномерно по поверхности тарелки к центру и контактирует с газом проходящим через рабочие отверстия тарелки. Закрученный поток фаз по периметру уплотняет зазор и устраняет возможность проскока фаз между царгой и завихрителем.

Применение данной конструкции позволяет повысить эффективность теплообмена, за счет обеспечения равномерного распределения фаз на полотне тарелки.

Для улучшения условий сепарации и организации циркуляции жидкости применяются вихревые тарелки [6], в полотне которых установлены закручивающие устройства. Установка закручивающих устройств непосредственно в полотне тарелки позволяет расширить диапазон устойчивой работы теплообменного аппарата, снизить брызгонос, обеспечивает интенсивную рециркуляцию и дробление жидкости на полотне тарелки, снижает гидравлическое сопротивление аппарата.

Анализируя приведенные конструкции теплообменных аппаратов можно констатировать, что все технические приемы интенсификации процессов теплообмена можно условно подразделить на пассивные (не требующие непосредственной затраты энергии извне) и активные, которые требуют прямых затрат энергии от внешнего источника. Пассивные методы включают специальную физико-химическую обработку поверхностей, использование шероховатых и развитых поверхностей, устройств,

обеспечивающих перемешивание и закручивание потока, способы воздействия на поверхностное натяжение, добавление примесей в теплоноситель. Активные методы включают механические воздействия, вибрацию поверхностей теплообмена, пульсации потока жидкости, использование электростатических полей, вдув и отсос теплоносителя.

Для интенсификации процессов теплообмена нами предложена новая конструкция тарелки для контактных аппаратов [7], приведена на рис. 1. С помощью предложенной конструкции предусматривается снижение брызгоноса и повышение степени теплообмена в системе «газ-жидкость», путем использования «специально организованных» вихревых потоков.

Техническая реализация предложенного аппарата заключается в следующем: обеспечить эффективную закрутку потока газа в аксиально-лопаточном завихрителе с отбойником и создать равномерный пенный слой жидкости, обеспечивая эффективное протекание процесса теплообмена.

Для проведения расчетов эффективности теплообмена в вихревой тарелке разработана математическая модель. Построение модели для вихревой тарелки обусловлено трудностью одновременного математического описания взаимодействия закрученного потока и жидкости, поэтому при построении модели теплообмена в вихревой тарелке был принят ряд допущений:

- 1) температура парогазовой смеси принимается одинаковой во всем объеме и изменяется только во времени;
- 2) скорость парогазовой смеси вблизи внутренней поверхности пузыря V_s принимается пропорциональной скорости парогазового потока на выходе из завихрителя вихревой тарелки V_0 : $V_s = k_b V_0$, где k_b – коэффициент приведения;
- 3) форма пузыря на выходе из вихревой тарелки полагается овально-цилиндрической;
- 4) при формировании пузыря за счет резкого торможения воздуха о его поверхность движение смеси должно рассматриваться как нестационарно-вихревое, причем с высокой циркуляцией, процессы теплообмена в этом случае должны определяться вынужденной конвекцией и протекать на вогнутой поверхности (рис. 1(a)).

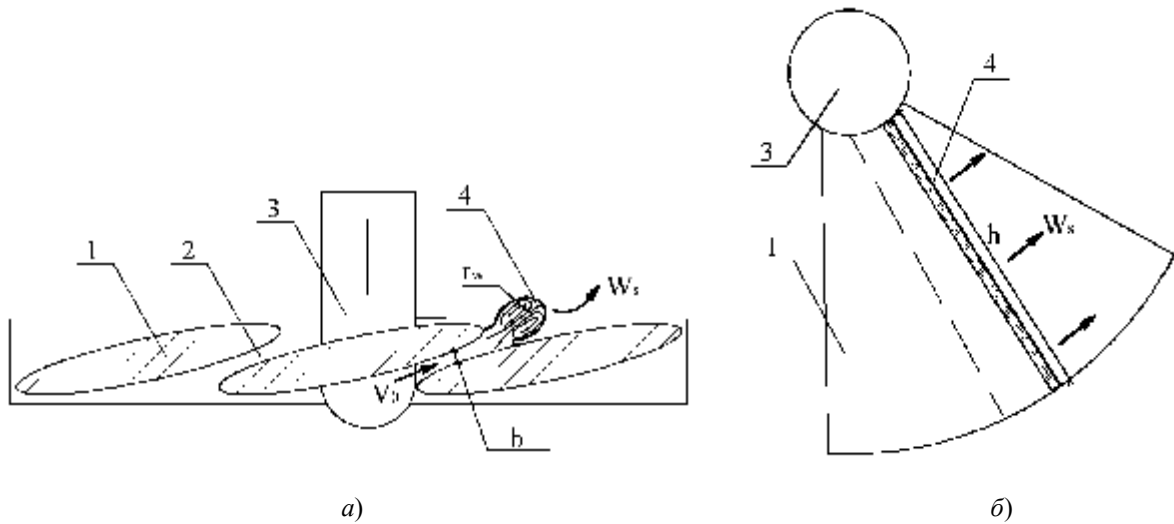


Рис. 1. Схема формирования парогазового пузыря в газожидкостном слое вихревой тарелки [7]: 1 – лопасть завихрителя; 2 – щелевое отверстие; 3 – сердечник завихрителя; 4 – овал-цилиндрический пузырь.

Fig. 1. Schematic of the formation of vapor-gas bubble in a gas-liquid vortex layer plates [7]: 1 - swirl vane 2 - slit opening 3 - core swirler 4 - oval-cylindrical bubble.

При вычислении коэффициентов тепло- и массообмена на поверхности пузыря радиусом r_w вводится поправка [8] на усиление тепломассообменных процессов потоках на вогнутых криволинейных поверхностях:

$$\alpha = k_{\alpha,\beta} Nu \frac{\lambda}{r_w}, \quad (1)$$

$$\beta = k_{\alpha,\beta} Nu \frac{D}{r_w}$$

5) при определении коэффициентов конвективного тепло- и массообмена принимается гипотеза квазистационарности и их расчет производится по формулам (1) в соответствии с известными в литературе критериальными зависимостями [9]:

$$Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^{0,33} \cdot Gu^{0,175} \cdot \theta^{*2}, \quad (2)$$

$$Nu = B \cdot Re^m \cdot Pr^{0,33} \cdot Gu^{0,135} \cdot \theta^{*2}$$

где $Re = \frac{V_s \cdot r_w}{\nu_r}$ – число Рейнольдса;

$Pr = \frac{\nu_r}{a}$, $Pr' = \frac{\nu_r}{D}$ – числа Прандтля; $Gu = \frac{T_{i0} - T_{i0}}{T_{i0}}$ –

критерий Гухмана; $\theta^* = \frac{T_{i0}}{T_w}$ – температура влажного

воздуха внутри пузыря, обезразмеренная по температуре поверхности раздела фаз; λ – коэффициент теплопроводности влажного газа внутри пузыря; D – коэффициент диффузии пара; ν_r – кинематическая вязкость парогазовой смеси; T_w , T_w – температуры влажного газа внутри и на поверхности пузыря; T_{i0} – температура газа до поступления в аппарат, определяемая по «мокрому» термометру; a – температуропроводность влажного газа.

Процесс тепломассообмена в пузыре определяется системой, включающей в себя

уравнение баланса полного тепла, уравнение баланса массы паровой фазы и начальные условия:

$$(c_{сг} + c_{нап} \cdot d_e) \frac{dT_e}{d\tau} + c_{нап} \cdot T_e \cdot \frac{dd_e}{d\tau} \quad (3)$$

$$- G \frac{\alpha}{\rho_{сг}} (T_w - T_e) = 0;$$

$$\frac{dd_e}{d\tau} = G \frac{\beta(\rho_{iw} - \rho_{ia})}{\rho_{i\bar{a}}}; \text{ при } \tau=0 \quad T_B = T_{B0}, d_B = d_{B0} \quad (4)$$

Здесь T_{B0} и d_{B0} – температура и влажосодержание газа перед отверстием газораспределительной решетки; d_B – влажосодержание газа в пузыре; $c_{нап}$ – теплоемкость водяного пара; $c_{сг}$, $\rho_{сг}$ – теплоемкость и плотность сухого газа; τ – время; ρ_{iw} , ρ_{iw} – концентрация водяных паров у поверхности пузыря и внутри его соответственно; β – коэффициент массообмена; G – геометрический параметр для овал-цилиндрического пузыря; r_w , h – радиус и длина овал-цилиндрического пузыря, формирующегося в вихревой тарелке.

Концентрация пара или газа определялись из уравнения [10] состояния для соответствующей компоненты парогазовой смеси. Для определения радиуса пузыря использовано уравнение расхода парогазовой смеси, учитывающее эффект конденсации водяного пара на поверхность. В поле вращающегося газожидкостного слоя в вихревом элементе частота отрыва пузыря принималась с учетом центробежного ускорения, $g^* = w_s^2/R$, где R – радиус завихрителя, w_s – скорость вращения газожидкостного слоя [11].

Система уравнений (3) и (4) в безразмерном виде решалась для диапазона температур воздуха 50-100 °С, подаваемого через вихревые элементы решетки диаметром $d_0 = 50$ мм с шириной щели

между лопастями завихрителей $b = 3$ мм. Средняя скорость газа перед вихревой тарелкой варьировалась в пределах 1,5-3 м/с, влагосодержание варьировалось в диапазоне 0,01-0,5 кг/кг с.в. параметр k_b для расчета скорости у поверхности пузыря принимался равным 0,003.

Проведенный анализ параметров теплообмена вихревой тарелки ($\alpha_{вт}$) и их сопоставление с экспериментальными и расчетными зависимостями для традиционной (дырчатой) тарелки ($\alpha_{дт}$) [12] показывает превышение коэффициента теплоотдачи вихревой тарелки на 5% при скорости газа 1,5 м/с и $d_{в0} = 0,2$ кг/кг с.в., и 9% при $d_{в0} = 0,5$ кг/кг с.в., а при скорости 3м/с – 5,7% и 13% соответственно.

Температура жидкости $T_{ж}$ по которой определяется температура жидкости на поверхности пузыря T_w в (3), является переменной величиной. Для ее определения записано уравнение теплового баланса в контрольном объеме газожидкостной смеси. Изменение теплосодержания жидкости за единицу времени можно определить из соотношения [9]:

$$\int_V c_{жс} \rho_{жс} (1 - \varphi) \frac{\partial T_{жс}}{\partial \tau} dv = - \int_{S_v} c_{жс} \rho_{жс} (T_{жс} - T_{жс0}) v_{нф}^n ds = \int_V \left(\alpha s_n (T_B - T_W) - \varphi \cdot \rho_{сг} \cdot c_{сг} \cdot T_B \frac{\partial d_B}{\partial \tau} \right) dv \quad (5)$$

где: $T_{ж0}$ – температура охлаждающей жидкости поступающей в камеру аппарата; $v_{нф}^n$ – нормальная составляющая скорости охлаждающей жидкости, поступающей в контрольный объем; S_v – площадь поверхности ограничивающая контрольный объем; $s_n = 4\pi r_w^2 / V$ – удельная теплоотводящая поверхность пузыря; d_s – ориентированный по нормали элемент площади поверхности S_v .

Уравнение теплового баланса для жидкости в контактном аппарате с вихревой тарелкой (5) может быть представлено в интегрально-дифференциальном виде:

$$c_{жс} \rho_{жс} (1 - \varphi) \frac{\partial T_{жс}}{\partial \tau} = -c_{жс} \rho_{жс} (T_{жс} - T_{жс0}) q V_0 + 4 \frac{S_0}{h_0} f \int_0^{1/f} \alpha \cdot \tilde{r}_w (T_B - T_W) \partial \tau - \frac{\varphi}{1 - \varphi} \cdot \rho_{сг} \cdot c_{сг} \cdot f \int_0^{1/f} T_B \frac{dd_B}{\partial \tau} \partial \tau; \quad \text{при } 0 \quad T_B = T_{в0}, d_B = d_{в0} \quad (6)$$

Здесь $\tilde{r}_w = r_w / r_0$, где r_0 – радиус отверстия; h_0 – высота светлого столба жидкости над решеткой; S_0 – относительная площадь живого сечения решетки; φ – газосодержание в пенном слое; q – коэффициент орошения; f – частота отрыва пузырей (для воды $f = 20$ 1/с)

Расчеты изменения температуры жидкости в пенном слое при подаче воздуха с невысоким

начальным влагосодержанием ($d_{в0} = 0,4$ кг/кг), позволили показать, что количество теплоты, поступающее из газа в жидкость оказывается недостаточным для преодоления потерь тепла на испарение.

Поэтому с течением времени происходит незначительное уменьшение температуры жидкости в слое, которое не превышает 2 % от первоначального значения. Однако массообменные процессы, протекающие при повышенном влагосодержании, оказывают существенное влияние на теплопередачу. Это подтверждает быстрый рост температуры, с которой жидкость поступает в камеру аппарата ($d_{в0} = 0,5$ кг/кг).

ВЫВОДЫ.

Анализ результатов расчета теплообмена в вихревой тарелке также показывает, что определяющая роль принадлежит процессам конденсации реализующимся на внутренней поверхности формирующихся пузырей.

На эффективность теплопередачи оказывают существенное влияние массообменные процессы, протекающие при повышенном влагосодержании, при этом определяющая роль принадлежит процессам конденсации, которые происходят на внутренней поверхности формирующихся пузырей.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 556819 (СССР). Контактная тарелка для массообменного аппарата. / Дронин В.Н., Соловьев Н.А., Богданов М.Х., Замалиева Р.Г.. Оpubл. в Б.И. , 1977, №17.
2. А.с. 1018664 (СССР). Провальная тарелка для массообменных колон. / Левш И.П., Левш В.И., Умаров С.С., Убайдуллаев А.К., Умаров С.У. Оpubл. в Б.И. , 1983, №19.
3. А.с. 559713 (СССР). Щелевая тарелка. / Беспалов А.В., Кулешов О.Г., Терехов Н.И. Оpubл. в Б.И. , 1977, №20.
4. А.с. 1247033 (СССР). Тарелка для теплообменных аппаратов. / Лахтанов С.А., Протасов С.К., Шишло Б.М., Турунцева Г.В., Шибутвич М.И. Оpubл. в Б.И. , 1986, №28.
5. А.с. 921588 (СССР). Теплообменная тарелка. / Вайтехович П.Е., Левданский Э.И., Плехов И.М., Бабкин В.В., Киреев Н.И. Оpubл. в Б.И. , 1982, №15.

АНАЛИЗ В И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ В КОНТАКТНЫХ

6. А.с. 175921 (СССР). Вихревая ректификационная тарелка. / Мановян А.К. Опул. в Б.И. , 1965 , №21.
7. Пат. 3615 Україна, МПК 7 В01D3/22. Вихрова тарілка для тепломасообмінних апаратів / Афтанюк В.В., Спинов В.М.; заявл. 30.12. 2003; опубл. 15.12.2004, Бюл. №12.
8. Соу С. Гидродинамика многофазных систем. -М.: Мир, 1971. - 536с.
9. Оран Э , Борис Д., 1990. Численное моделирование реагирующих потоков. - М.: Мир. - 660.
10. Дмитриева О.С., Дмитриев А.В., Николаев А.Н., 2012. Тепломассообменный аппарат с комбинированной схемой взаимодействия потоков газа и жидкости в системах обратного водоснабжения / Вестник Казанского технологического университета. - т.15, 146-149.
11. Щукин В.К., Халатов А.А., 1982. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах . - М. : Машиностроение. - 200.
12. Романков П.Г., Рашковская Н.Б., Фролов В.Ф., 1975. Массообменные процессы химической технологии. Л.: Химия. – 333.
13. Saliev E., Nikolenko I., 2012. The feasibility report on maintainability of the water and sewage system// MOTROL – Vol.14, №5, 119 – 124.
14. Шибанин В. С., Богза В.Г., Богданов С.И., 2012. Расчет вероятности отказов конструктивного элемента сборно-разборных легких металлических конструкций // MOTROL. - Vol. 14, №2, 164 - 167.

ANALYSIS AND SIMULATION OF HEAT EXCHANGE DEVICES IN THE CONTACT DEVICES.

Summary. The analysis of the devices for the intensification of heat and mass transfer in contact devices. Improved mathematical model for the conditions of heat and mass transfer in a foam apparatus with vortex plate. Calculated heat transfer coefficients, and compares them with the heat transfer characteristics of the traditional plate.

Key words: contactors, heat and mass transfer, eddy currents, tabulators, energy efficiency.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Александр Морозов, Ирина Чередниченко

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Аннотация. Приводятся результаты исследований новых конструкций пневморазгрузчиков цемента и минпорошка с повышенными экологическими характеристиками для предприятий строительной индустрии.

Ключевые слова: Пневморазгрузчик, заборное устройство, пылевидный груз, окружающая среда, экологическая безопасность, шнек.

ВВЕДЕНИЕ:

Анализ информационной обеспеченности технологических задач экологической проблемы пневмотранспорта показывает, что для всех вариантов пневмотранспортных технологических схем транспортирования пылевидных грузов необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования, которые позволяют разработать новое разгрузочно-транспортное пневмооборудование для сыпучих грузов, отличающееся более высокими экологическими и техническими характеристиками.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ:

Объектами исследования являлись установки нагнетательного типа а также установки всасывающе - нагнетательного действия с автоматизированным заборным устройством, предназначенные для внутривозовского транспортирования и разгрузки пылевидных грузов из закрытых железнодорожных вагонов, морских и речных судов.

Основной задачей являлось определение оптимальных геометрических и технологических параметров заборного устройства, с целью повышения эффективности и экологической безопасности разгрузчиков цемента и минпорошка.

Экспериментальные исследования проводились целью повышения эффективности и экологической безопасности пневморазгрузчиков для различных грузов на базе принципов физического моделирования рабочих процессов, позволяющих существенно снизить стоимость и сроки разработки новых машин, а также модернизации существующих. Новые конструктивные решения, направленные на обеспечение стабильной работы разгрузчиков, снижение удельных энергозатрат на транспортирование, существенное сокращение пылевидных выбросов в окружающую среду и соответствие полученных технических параметров расчетным, исследовались в лабораториях НАПКС, С.-Петербургском заводе строительных машин, предприятиях объединения: «Укрдорстрой» [9,10,11, 12]. Исследования параметров заборного устройства осуществлялись на стендах физического моделирования на двух

геометрически подобных физических моделях с диаметрами дисков 0,195 и 0,496 м. (заборное устройство с дисками диаметром 0,682м было принято в качестве оригинала). Решение задачи оперативного установления рациональных конструкторских параметров рабочих органов пневморазгрузчиков методами физического моделирования рассмотрены в работах [1, 2, 5, 7, 9].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ:

Масштабы моделей шнеконапорных механизмов, дисковых питателей разгрузчиков и других узлов принимались равными 1.5, 2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.2, 5.0/8/.

Установлено, что наиболее целесообразный минимальный масштаб моделирования $K_f=4.0$ (от натуральных пневмовинтовых установок, находящихся в серийном производстве с диаметром шнеков от 0.1 до 0.2 м). Если $K_f > 4.0$, ошибка при расчёте основных параметров модели на натуру составляет более 20...30 %.

Разработана методика экспериментов при исследовании двух физических моделей $k_f = 1.37$ и $k_f = 3.5$ заборного устройства с дисками питателя диаметром 0.496 и 0.195 м. В качестве натурального образца принят питатель с дисками размером 0.682 м./2/,7/,11/.

В качестве первой модели ($k_f = 1.37$) использован дисковый питатель пневморазгрузчика цемента всасывающе - нагнетательного действия ГА-26 с незначительными изменениями, обеспечивающими полное его соответствие принятому масштабному коэффициенту. Вторая же модель ($k_f = 3.5$) была изготовлена специально. Основные параметры натурального образца и обеих моделей приведены в таблице 1.

Вторую модель ($k_f = 3.5$) исследовали на стенде физического моделирования, содержащем всасывающий трубопровод, осадительную камеру пневмоустановки, вакуум-насос и мерный лоток, установленный на платформе циферблатных весов. Модель заборного устройства перемещалась с заданной скоростью вдоль лотка приводным тяговым устройством. рис.1.

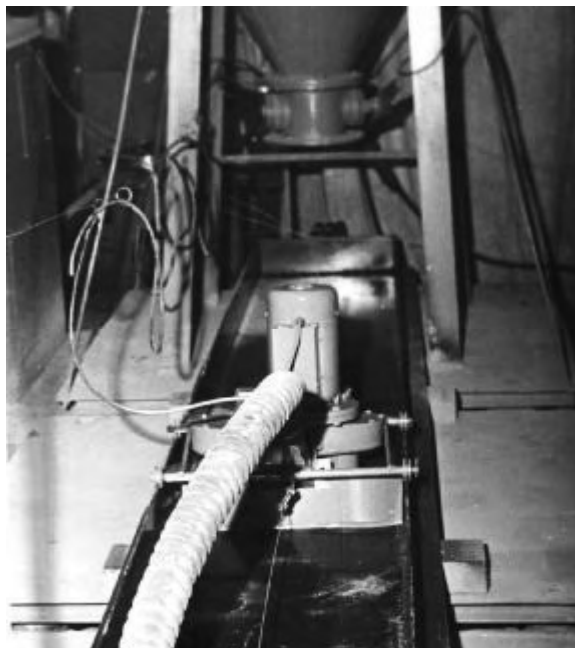


Рис. 1. Стенд №1. Вид на узел заборного устройства и мерный грузовой лоток
Fig.1. Stand for study of the discharge blower models

Параметром оптимизации являлась производительность дискового питателя при варьировании частоты n_d вращения дисков, высоты h_d слоя цемента на диске и коэффициента ξ_d перфорации дисков. На первом этапе в результате проведения опытов с пятью комплектами дисков, имеющими $\xi_d = 0.18 \dots 0.4$, установлено рациональное значение $\xi_d = 0.34$.

Табл. 1.

Параметр	$k_l = 1$	$k_l = 1.37$	$k_l = 3.5$
D_d , м	0.682	0.496	0.195
$D_{дпр}$, м	0.46	0.38	0.143
d_0 , м	0.284	0.207	0.081
n_d , об/мин	45	42	57
$V_{нд}$, м/с	0.856	0.62	0.33
$V_{нд}$, м/с	1.606	1.09	0.58
V_0 , м/с	0.09	0.076	0.048
h_c , м	0.112	0.08	0.032
$\frac{\ddot{A}_{\dot{A}}}{d_0}$	2.4	2.4	2.4
$\frac{h_c}{\ddot{A}_{\dot{A}}}$	0.164	0.164	0.164

На втором этапе исследований, проведённых при рациональной величине перфорации дисков, определили частоту вращения дисков n_d и высоту слоя h_d , обеспечивающие оптимальную производительность питателя. Полученные зависимости показывают, что для модели $k_l = 3.5$ при h_d , составлявшей 0.03, 0.04, 0.05 и 0.06 м, оптимальная производительность получена при $n_d = 57$ об/мин (рис. 2) и $h_d = 0.05$ м (рис. 3).

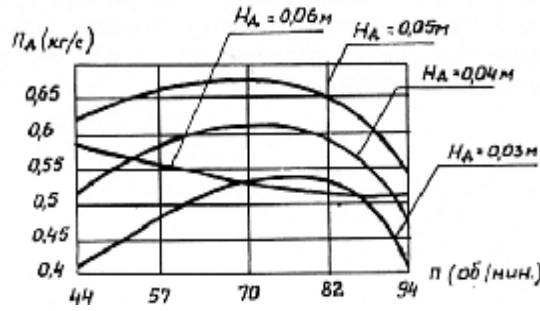


Рис. 2. Зависимость производительности P_d модели ($k_f=3.5$) заборного устройства от частоты вращения дисков

Fig.2. Dependence between the performance of an intake model and disk speed totation.

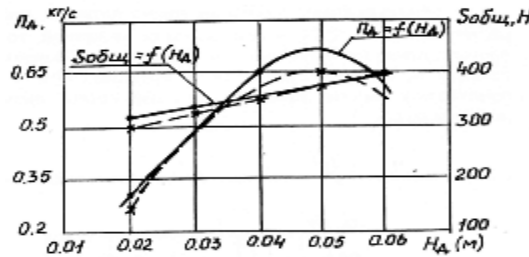


Рис. 3. Зависимость производительности P_d модели ($k_f=3.5$) заборного устройства и усилия $S_{общ}$ от

высоты слоя цемента H_d :
1 и 2 - расчётные кривые;

3 и 4 - экспериментальные зависимости.

Fig.3. Dependence between the performance and capacity of an intake model and concrete layer thickness.

1,2 – derived curves;

3,4 – experimental dependences.

При увеличении высоты слоя h_d до 0.06 м и выше производительность системы дисковый питатель - заборное сопло снижалась из-за сопротивления забору, вызванного значительным превышением h_d над величиной h_c (рис. 4), определяющей положение верхней кромки заборной щели сопла.

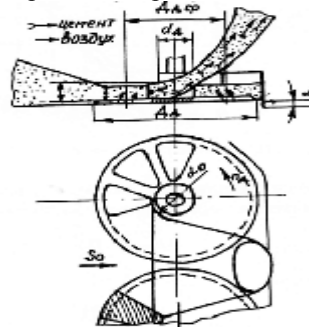


Рис. 4. Схема дискового питателя заборного устройства пневморазгрузчиков

$D_{ль}, D_{кр}$ - наружный и средний диаметр дисков;

σ_d - диаметр ступницы диска;

d_0 - диаметр открьлков сопла;

h_c - расстояние от диска до верхней кромки сопла;

α - угол наклона диска;

n_d - частота вращения вала шпателя.

Fig.4. Scheme of disk feeder of discharge blower intake.

Показатель степени n' колеблется в пределах от 2.74 до 2.8 для различных режимов работы дискового питателя так, если h_d ниже расчётной, то $n'=2.74$, а если h_d выше расчётной, то $n'=2.8$. При производственных испытаниях и исследованиях пневморазгрузчиков цемента h_d обычно колеблется в пределах 0.03м. Зависимость производительности питателя от наружного диаметра дисков показана на рис. 5.

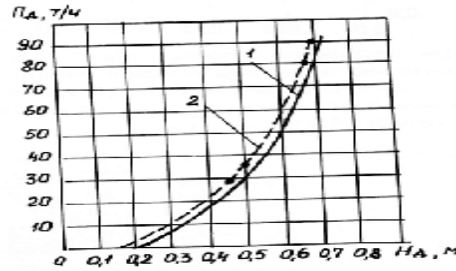


Рис. 5. Зависимость производительности Π_d питателя от диаметра диска D_d .
1 - экспериментальная кривая;
2 - расчётная кривая.

Fig.5. Dependence between the performance of a feeder blade and disk diameter:
1 – experimental curve;
2 – derived curve

Получены следующие формулы расчёта основных параметров натуральных образцов через определяющий размер питателя.

$$\begin{aligned} \text{скорость} & V = k_v \dot{A}_{\dot{A}}^{\frac{n'}{2}-1} \\ \text{ускорение} & a = k_a \dot{A}_{\dot{A}}^{n'-3} \\ \text{сила} & P = k_p \dot{A}_{\dot{A}}^{n'} \\ \text{мощность} & N = k_N \dot{A}_{\dot{A}}^{\frac{3n'}{2}-1} \\ \text{производительность} & \dot{I} = k_I \dot{A}_{\dot{A}}^{n'} \rho_{\dot{A}} n_{\dot{A}} \end{aligned}$$

Коэффициенты k_v , k_a , k_p , k_N и k_Q определяются расчётом через параметры модели формулы для определения этих коэффициентов, их значения при различной производительности пневморазгрузчиков, а также значения показателя степени приведены в таблице 2.

Основные результаты данных исследований были применены в пневморазгрузчиках цемента ТА-26 и ТА-27, а также при разработке заборных органов новых пневморазгрузчиков цемента из железнодорожных вагонов ТА-33, ТА-33А и из трюмов барж ТА-37./10./11/.

Табл. 2.

Коэффициенты	Значение коэффициентов при производительности пневморазгрузчиков, т/ч		
	2...5	15...50	55...90
$k_v = \frac{v_{\dot{A}\dot{I}}}{\dot{A}_{\dot{A}}^{\frac{n'}{2}-1} k_I}$	1.05	1.36	1.87
$k_i = \frac{\dot{a}_i}{\dot{A}_{\dot{A}}^{n'-3}}$	2.2	3.7	7
$k_\delta = \frac{D_i}{\dot{A}_{\dot{A}}^{n'}}$	3179	3050	2060
$k_N = \frac{N_M}{k_I \dot{A}_{\dot{A}}^{n'} \rho_{\dot{A}} n_{\dot{A}}}$	12.6	13.2	14
$\Pi_n = \frac{\Pi_M}{k_{\Pi} D_{MД}^{n'} \rho_{Д} n_{Д}}$ где: $k_{\Pi} = \frac{v_{HD}}{v_{Д}} = 0.57$	6.6	12	10.5
n'	2.74	2.74	2.80

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ

ВЫВОДЫ:

В результате проведенных исследований переналаживаемых моделей и натуральных образцов пневморазгрузчиков цемента и минпорошка установлено:

1. Разработанная методика экспериментального исследования пневмотранспортного оборудования на базе принципов физического моделирования рабочих процессов позволяет сократить стоимость и сроки постановки новых машин на серийное производство в 2-3 раза.
2. Технология разгрузочных работ пылевидных грузов с применением новых пневмоустановок всасывающе-нагнетательного действия типа ТА-27А, ТА-33А, ТА-37М и ТА-33М производительностью 50 т/ч и 90 т/ч с автоматизированным заборно-подающим устройством, успешно сочетают преимущества установок всасывающего и нагнетательного типов: хорошие санитарно-гигиенические условия труда для обслуживающего персонала, повышение производительности и снижение удельных энергозатрат, большую дальность подачи, широкий диапазон перемещаемых пылевидных и зернистых материалов, уменьшение потерь на распыл материалов в окружающую среду на 15÷20 % по цементу и на 30÷50 % по минпорошку, снижение загрязненности промышленной зоны предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Г.М., 1986. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справочник. -М.: Металлургия. - 544.
2. Баловнев В.И., 1981. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. - М.: Высш. шк. - 335.
3. Гячев Л.В., 1968. Вибрация сыпучих материалов в трубах и бункерах.-М.: Машиностроение. - 184.
4. Калинушкин М.П., 1987. Насосы и вентиляторы. -М.: Высш. шк. - 176.
5. Потураев В.Н., Волошин А.Н., Пономарев Б.В., 1989. Вибрационно-пневматическое транспортирование сыпучих материалов. -К : Наук. думка. -245.
6. Piatkiewicz Z., Szlumczyk H., Homa D., Kowalsky E., 19897. -Ukt ad ciagtego transportu pneumatycznego. ZN. Pol. Sl. Energetyka z.99. Gliwice.
7. Морозов А.Д., Шапунов М.М., 1980. Рациональные

параметры дискового питателя пневморазгрузчика цемента //Строительные и дорожные машины. - №9. - 14 - 15.

8. Морозов А.Д., 1990. «Интенсификация работы разгрузочно-транспортного пневматического оборудования» -М.: ЦНИИТЭстроймаш.- 100.
9. Морозов А.Д., Баладинский В.Л. Чердниченко И.А., 2005. Транспорт и пути сообщения: учебное пособие. - Симферополь, РИО КАПКС. – 318.
10. Морозов А.Д., Чердниченко И. А., 2003. Определение основных параметров шнеконапорных механизмов транспортных пневмомеханических машин.// Горные, строительные, дорожные и мелиоративные машины. - №62, 46 - 52.
11. Морозов А.Д., Чердниченко И.А., 2013. Повышение эффективности и экологической безопасности разгрузочно-транспортного пневмооборудования для строительной индустрии: монография. – 304.
12. Cherednichenko I., Sapronova Z., 2008. Analysis of ecological safety and power intensity of pneumatic transport.// MOTROL. – Т. 10А, 163-167.
13. Шибанин В. С., Богза В.Г., Богданов С.И., 2012. Расчет вероятности отказов конструктивного элемента сборно-разборных легких металлических конструкций // MOTROL. - Vol. 14, №2, 164 - 167.

INCREASING ENVIRONMENTAL SAFETY AND REDUCTION OF ENERGY REQUIREMENT OF CONVEYING EQUIPMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Summary The paper contains experimental technique for studying pneumatic conveying equipment based on the principle of workflow physical modeling, allowing to reduce cost and time of setting up a mass production of new machines by 2-3 times. The paper describes the optimal parameters for discharge blower intake of concrete and mineral powder that reduce external spray losses by 15 - 20 % for concrete and 30-50% for mineral powder that enables to reduce industrial pollution and improve sanitary conditions of work.

Key words: discharge blower, dust-typed cargo, environment, environmental safety, screw.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ КОЛОНН ПАРКИНГА В НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКЕ

Анатолий Югов, Валентина Таран, Николай Коннов, Дарья Бершадская

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, amyrus@mail.ru
Адрес: ул. Державина, 2, ДонНАСА, г. Макеевка, Донецкая обл., Украина, 86123

Аннотация. Технология изготовления строительной опалубки и её цена зависят от материала, из которого она изготовлена: стали, дерева, ламинированной фанеры, алюминия, пластика и т.п. В статье предлагается рассмотреть применение несъемной опалубки для паркинга наряду с распространенными опалубочными системами. Приведены преимущества применения несъемной опалубки. Описана технология выполнения работ по устройству колонн в несъемной опалубке. Выполнено сравнение основных технико-экономических и технологических показателей применения основных видов опалубки.

Ключевые слова. Несъемная опалубка, трубобетон, картонная опалубка, пенополистирол, бетонирование, временная устойчивость, трудоемкость

ВВЕДЕНИЕ

По мере расширения области применения монолитного железобетона ответом на запросы строителей становится разработка современных технологий с применением новых опалубочных систем. Рост объемов строительства именно из монолитного бетона говорит о том, что он занимает одно из лидирующих мест. В новых экономических условиях становятся востребованными новые технологии, ориентированные на высокие темпы возведения зданий строительства, высокое качество, снижение себестоимости.

При возведении жилых комплексов, объединяющих помещения социального и технического назначения, монолитное строительство с применением опалубочных систем проявляет себя наилучшим образом. Универсальность конструкции и вариативность модульной сетки колонн позволяют в одном здании объединять жильё, помещения обслуживания, паркинги, спортивные сооружения и т.д. Кроме того, сама опалубка, оборудование для опалубки, используемые в монолитном строительстве, незаменимы в стеснённых условиях застройки крупных городов – облегчённые системы позволяют обходиться без подъёмного оборудования и строительных кранов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследования является снижение трудовых и материальных затрат, а так же повышение производительности работ при возведении монолитных железобетонных колонн за счет применения инновационной технологии их устройства в несъемной опалубке.

Исходя из темпов укладки бетона, подбирают необходимый комплект машин для этого процесса, в том же темпе следует выполнять опалубочные и

арматурные процессы на принятых для них механизмах и приспособлениях.

Конечная стоимость и сроки строительства являются достаточными основаниями для выбора необходимого комплекта и типа опалубки колонн. Комплект опалубки колонн выбирается с учетом времени, необходимого для устройства одной колонны с момента окончания заливки; времени, необходимого для сборки, разборки опалубки и переноса на новое место; возможностью быстрым и не затратным способом увеличить количество одновременно заливаемых колонн.

Конечная стоимость (материальные затраты), снижение трудовых затрат и повышение производительности работ - основные показатели для принятия окончательного решения.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Существует много строительных фирм-производителей опалубочных систем. Но не все они могут предложить опалубку, удовлетворяющую технологическим и экономическим требованиям при возведении монолитного каркаса гражданских зданий.

В целом, несущие конструкции сооружения, возведенного в несъемной опалубке, представляют собой монолитную железобетонную пространственную систему, состоящую из перекрытий, обвязочных горизонтальных рам, соединяющих стены и перекрытия.

Примеры отечественной и зарубежной практики показывают эффективность применения в качестве несъемной опалубки не только стальных элементов, керамических и стеклянных блоков, сборных железобетонных труб, но и пенополистирола, картона, пропитанного гидрофобным составом [5, 7, 8, 9]. При этом необходимо определить, в каких условиях и при каких технологических и конструктивных решениях технологичен выбранный вариант устройства монолитных колонн.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КОЛОНН ПАРКИНГА

Автомобильные паркинги имеют различные объемно-планировочные и конструктивные формы. Некоторые из них представляют собой каркас из стальных профилей, между которыми движутся механизмы для подъема и распределения автомобилей в ячейки. Автомобиль открыт со всех сторон — спереди, сзади и снизу, а защищен от атмосферных влияний почти столь же мало, как и стоящие на улице.

Наряду с этим вырастают менее прозрачные здания из железобетона. Функциональный процесс протекает в закрытой внутренней части здания, снаружи он не виден, но функциональное назначение ощущается в архитектурном решении. Можно сказать, что эти относительно новые для наших городов объекты придают современной городской архитектуре новые черты. Поэтому становится правомерным вопрос о том, как должен меняться облик города под влиянием потребностей хранения автотранспорта. Нет сомнений в том, что число и размеры гаражей будут возрастать. Уже сейчас имеются гаражи различных типов — в виде открытых, расположенных одна над другой бетонных плит с не огражденными фасадами или многоэтажных зданий с наружными стенами из стекла и металла.

Преобладание определенных точек зрения на архитектуру гаражей зависит от многих обстоятельств, в том числе от городских традиций, климатических и экономических условий. Можно ожидать, что в результате новых разработок должны проявиться новые архитектурные формы [11].

В настоящее время широкое применение нашли *сталежелезобетонные конструкции*, которые в своем составе объединяют бетон, арматурные стержни и стальной прокат. Наряду с высокими технико-экономическими показателями при возведении этих конструкций во многих случаях удается полностью избавиться от необходимости использовать сборно-разборную опалубку. В качестве опалубки используются стальные прокатные профили и листы.

Изготовленные в заводских условиях трубобетонные колонны используются в мостостроении, где очень большие нагрузки. В малоэтажном строительстве, при возведении высотных зданий, где нагрузки не столь велики, колонны выполняются в построечных условиях (рис. 1).



Рис. 1. Возведение каркаса здания с применением трубобетонных колонн: подземная и надземная части здания

Fig. 1. the erection of the building frame using pipe-concrete columns: underground and overground part of the building

Железобетонную несъемную опалубку применяют при возведении фундаментов промышленных зданий и технологического оборудования, для устройства внутренних поверхностей прямых, технологических туннелей. Тонкостенные железобетонные трубы могут быть использованы как опалубка и облицовка колонн крупного сечения.

В последнее время в строительстве появилось много предложений по использованию в качестве опалубки прочного картона для бетонирования колонн круглого сечения. Картонные трубы в этом случае можно использовать и как несъемную опалубку.

Картонная опалубка колонн «Опалубка-Тула» (рис. 2) [5] изготавливается из прочного картона методом многослойной спиральной навивки на вал. В процессе производства - картон по специальной технологии пропитывается водостойким полимерным клеем и получает необходимую прочность после его затвердевания.

Опалубка колонн из прочного картона (рис. 2) имеет ряд преимуществ:

- быстрая установка;
- малый вес и прочная;
- устанавливается без крана в любом помещении;
- даёт наилучшее качество поверхности бетона, колонны не требуют дополнительных отделочных работ;
- имеет повышенную теплоизоляцию по сравнению со стальной опалубкой;
- опалубку можно не удалять в течение длительного времени;
- опалубка изготовлена из экологически безопасного материала, соответственно проблем с её утилизацией не возникает;
- на опалубку можно нанести информацию и использовать её в качестве рекламы;
- низкая стоимость.



Рис. 2. Возведение монолитных колонн в опалубке из прочного картона

Fig. 2. the erection of monolithic columns in the formwork from durable cardboard

Опалубка колонн имеет следующие размеры:

- диаметр от 150 мм до 1250 мм;
- толщина стенки зависит от диаметра и высоты колонны и составляет от 3мм до 15мм;
- длина опалубки до 11 метров, длина колонн до 30 метров.

Масса опалубки колонн варьируется от 1,8 до 40 кг/м (в зависимости от диаметра).

Внутренняя поверхность опалубки имеет спиралевидный узор или гладкая, достигающаяся с помощью вкладыша из утолщенной пленки ПВХ.

Заявленная опалубка *KLILA AMICOTUBE* (рис. 3) для колонн производства Украинско-Израильской компании «AMICOTUBE», изготовлена из бумаги методом многослойной навивки на специальную полимерную основу [7].

По надежности она не уступает стальной опалубке и является отличным дополнением к ней. Уникальная опалубка для колонн из специального картона позволяет отливать колонны высотой до 30м, различного сечения диаметром от 150 мм до 1100 мм, масса опалубки варьируется от 1,71 до 35,3 кг/м (в зависимости от диаметра). Внутренняя поверхность - обычная гладкая со спиралевидным узором (рис. 3). Опалубочные трубы могут комплектоваться вкладышами из стиропора, с помощью которых сечение опалубки по всей длине можно делать: квадратным, прямоугольным, овальным, гранёным, треугольным, Т-образным, L-образным, или текстурированным.



Рис. 3. Возведение монолитных колонн в опалубке KLILA AMICOTUBE

Fig. 3. the erection of monolithic columns in timbering KLILA AMICOTUBE

Опалубка *KLILA AMICOTUBE* [7] предназначена для придания возводимым конструкциям колонн проектной формы, заданных размеров и положения в промышленном и гражданском строительстве по каркасно-монолитной технологии строительства, возможно устройство буроналивных свай, точечных фундаментов.

Опалубка колонн *KLILA* обеспечивает широкое применение круглых железобетонных несущих колонн при строительстве подземных и надземных паркингов (рис. 4), благодаря невысокой цене, легкости и простоте использования, скорости выполнения строительных работ.



Рис. 4. Строительство подземных и надземных паркингов в опалубке KLILA AMICOTUBE

Fig. 4. construction of underground and overground parking lots in timbering KLILA AMICOTUBE

В отличие от колонн квадратного и прямоугольного сечения, колонны круглого сечения имеют ряд преимуществ:

- улучшается обзор внутри паркинга;
- круглые колонны менее «травматичны» для автомобиля в случае скользящего столкновения с колонной;
- более эстетичный вид;
- уменьшается внешняя поверхность под отделку.

Опалубка круглых колонн от Группы Компаний «Опалубка». «Монотьюб» [8].

Одноразовая опалубка круглых колонн производится в России на немецком оборудовании, за счёт чего её стоимость гораздо ниже зарубежных аналогов.

Изготавливается из особо прочного картона методом многослойной спиральной навивки на металлический вал. В процессе производства крафт-картон пропитывается водостойким полимерным клеем и получает необходимую прочность после его затвердевания.

Внутренние диаметры опалубки — от 15 до 120 см. Максимальная высота опалубки — 30 м. Даже при бетонировании колонн такой высоты картонная опалубка выдерживает давление свежего бетона и по надежности не уступает стальной опалубке (рис. 5).



Рис. 5. Возведение монолитных колонн в опалубке из прочного картона при строительстве гостиницы "Москва"

Fig. 5. the erection of monolithic columns in timbering of firm cardboard at building of hotel "Moscow"

Пенополистирольная опалубка для колонн с внешней стороны имеет круглое сечение, тогда, как внутри может быть прямоугольного, квадратного сечения (рис. 6), в зависимости от предъявляемых требований к вертикальным конструкциям монолитного каркаса [9].

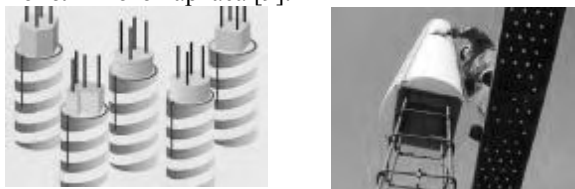


Рис. 6. Возведение монолитных колонн в опалубке из пенополистирола

Fig. 6. the erection of monolithic columns in the timbering from expanded polystyrene

Преимущества опалубки пенополистирола:

- Быстрый монтаж и демонтаж (без подъемного оборудования);
- Удобство в транспортировке и складировании;
- Максимальный вес опалубки колонны 8 кг.;
- Минимальное использование рабочей силы;
- Использование в качестве несъемной опалубки.

Анализ существующих систем несъемных опалубок для возведения монолитных колонн круглого сечения позволил определить, что при возведении надземной части гражданских каркасных зданий целесообразно использовать в качестве несъемной опалубки прочный картон и пенополистирол.

Сама же опалубка после бетонирования монолитных конструкций остается их составной частью. Основными преимуществами несъемной опалубки являются сокращение трудозатрат приблизительно в 2 раза за счет исключения цикла демонтажа опалубки, снижение объема монолитного бетона за счет включения опалубки как составной части конструкции, сокращение трудозатрат на отделку поверхностей.

Однако, при применении несъемной опалубки необходимо решить ряд принципиальных вопросов — монтаж опалубки, ее выверка, временное и окончательное закрепление. Должны быть разработаны средства механизации, обеспечение принудительного и безвыверочного монтажа ее элементов.

Опалубка колонн устанавливается строго вертикально поверх арматурного каркаса (рис. 7).

Крепление колонн в верхней части осуществляется с помощью специальных муфт (регулируемый стальной манжет с двумя анкерными стержнями для вертикальной фиксации опалубки). Муфта надежно удерживает трубную опалубку при заполнении бетоном. Легко перемещаемый стальной манжет закрепляется на опалубке с помощью встроенного стопорного винта, после чего крепятся наклонные стойки (раскосы), и опалубка устанавливается вертикально (рис. 7).



Рис. 7. Временное крепление монолитных колонн в несъемной опалубке в верхней зоне

Fig. 7. the temporary attachment of monolithic columns in concrete forms in the upper zone

Временная устойчивость в нижней части несъемной опалубки в виде картонных труб осуществляется с использованием плоского деревянного (фанерного) кольца (рис. 8). Приспособление в виде плоского кольца прочно охватывает нижнюю трубную часть снаружи.



Рис. 8. Временное крепление монолитных колонн в несъемной опалубке в нижней зоне

Fig. 8. Temporary fastening monolithic columns in concrete forms in the bottom zone

Существуют три способа уплотнения бетона в трубах: глубинным вибрированием, штыкованием и внешним вибрированием.

Глубинное вибрирование осуществляется глубинными вибраторами, погружаемыми в бетон, оболочка стержня при этом неподвижна. Способ применяется при больших диаметрах труб ($D > 100$ мм).

Штыкование бетона производят вручную стержнями.

Бетонная смесь в опалубку подается краном по схеме «кран-бункер» или с применением бетононасоса. При высоте опалубки колонн до 4 м заполнение бетоном осуществляется с помощью бады для бетонной смеси с нормальной скоростью заливки (рис. 9). Если картонная опалубка колонн выше 4 м, бетон подаётся по шлангу при помощи бетонного насоса. Рекомендуется уплотнять бетонную смесь изнутри вибратором. Для этого используются ручные глубинные вибраторы, предназначенные для уплотнения бетонных смесей при укладке их в монолитные конструкции с

различной степенью армирования, а также при изготовлении бетонных и железобетонных изделий для сборного строительства.



Рис. 9. Подача бетонной смеси в колонну по схеме «кран-бункер»

Fig. 9. submission of concrete mix into the column according to the scheme "crane-bunker"

Механические колебания, создаваемые вибратором при его погружении в бетонную смесь, способствуют активному уплотнению бетона.

Применение картонной опалубки предусматривает возможность распалубки колонн. В этом случае распалубка осуществляется спустя 48 часов. Шнур, проложенный внутри опалубки, позволяет быстро (примерно за 10 минут, в зависимости от высоты) удалить опалубку. Достаточно закрепить шнур, например, на ручке молотка и потянуть его сверху вниз, в результате чего шнур разорвет опалубку на две части. После чего она легко отделяется от готовой колонны (рис. 10).



Рис. 10. Демонтаж картонной опалубки

Fig. 10. disassemble a cardboard shuttering

В работе рассматривается конструкция несъемной опалубки, которая является элементом декора, а также служит для защиты колонны в процессе ее эксплуатации.

Опалубку колонн до применения следует хранить в сухом помещении, недоступном для влажного воздуха и влажного грунта, в вертикальном положении или на ровной поверхности. Нельзя допускать перегибов краев, чрезмерного давления и повреждений.

Оценка монтажной технологичности выполняется на основе абсолютных и относительных показателей расчетом по различным критериям: степени сборности, блочности и заводской готовности; трудоемкости, стоимости и продолжительности монтажа; точности изготовления и обеспечения собираемости отдельных конструктивных частей или узлов (при сборке технологического оборудования). Эти показатели можно дополнять и показателями конструктивной и технологической преемственности, рациональности используемого материала; уменьшения объемов и сложности

транспортирования, сборочных и подгоночных операций и т.п.

Усовершенствование технологии работ в строительстве заключается в том, что трудозатраты по устройству монолитных колонн в несъемной опалубке должны уменьшаться, а продуктивность процесса увеличиваться. При этом работы должны отвечать проектному качеству, а проектное качество нормам.

Из анализа литературных источников следует, что важным заданием на это время является повышение эффективности технологических параметров комплексных процессов, усовершенствование проектирования, подготовки, организации работ на основании отбора рациональных технологических решений устройства монолитных колонн в каркасных зданиях. Особенное внимание при этом следует уделять сокращению в процессе трудоемкости работ.

Конечная стоимость и сроки строительства являются достаточными основаниями для выбора необходимого комплекта и типа опалубки колонн. Комплект опалубки колонн выбирается с учетом времени, необходимого для устройства одной колонны с момента окончания заливки; времени, необходимого для сборки, разборки опалубки и переноса на новое место; возможностью быстрым и не затратным способом увеличить количество одновременно заливаемых колонн.

Все виды опалубки унифицированы, и различные конструкции совместимы и взаимозаменяемы. К тому же все типоразмеры привязаны к строительным модулям. Поэтому на крупных объектах, в зависимости от характера выполняемых работ и экономической целесообразности, могут использоваться параллельно сразу несколько типов.

Учитывая все факторы по возведению каркаса здания, принимается оптимальный вариант по использованию той или иной опалубочной системы.

Конечная стоимость (материальные затраты), снижение трудовых затрат и повышение производительности работ - основные показатели для принятия окончательного решения.

При использовании несъемной (одноразовой) опалубки очевидна экономия финансовых средств с началом строительства. На строительную площадку для возведения здания выполняется доставка только необходимой партии колонн с установкой на подготовленные места заливки, без складирования и хранения. Установка опалубки колонн не требует подъемных механизмов, достаточно 1-2 человека. Полностью исключаются трудоемкие операции, что значительно увеличивает скорость возведения колонн. Одноразовая опалубка колонн (картонная, пенополистирольная) поставляется на объект заданной высоты, что экономит время и деньги.

Значительное сокращение сроков строительства при использовании несъемной опалубки достигается за счет оперативности

поставки и заливки колонн. Отсутствуют операции по транспортировке и хранению опалубочных элементов.

При перевозке наименьший коэффициент по грузоподъемности принадлежит легким конструкциям. В рассматриваемой работе – опалубке, выполненной из легких материалов: пенополистирола и картона на полимерной основе. Опалубка в виде металлической обоймы имеет больший вес, в связи, с чем коэффициент перевозки увеличивается в 1,2...1,4 раза.

При принятии решений возведения здания одним из основных критерием выбора технологии устройства вертикальных конструкций является себестоимость изделия. Применение несъемной опалубки уменьшает затраты труда при монтаже (несъемная опалубка не требует дополнительной сборки на монтажном горизонте), на демонтаж и работы, связанные с очисткой и обработкой поверхности для последующего применения. Однако, при этом необходимо учитывать стоимость самой одноразовой опалубки.

При монтаже опалубки из легких материалов (пенополистирола и картона на полимерной основе) распределение и установка опалубки производится вручную (рис. 11) двумя – тремя монтажниками.



Рис. 11. Установка в проектное положение несъемной опалубки

Таблица 1. Показатели на 1 колонну сечением 600x600 мм, высотой h=3000 мм

Table 1. 1 on a convoy cross-section height of 600 x 600 mm h = 3000 mm

№	Материал опалубки, стоимость, грн/м ²	Вид бетонной смеси	Удельная стоимость опалубки, грн.	Стоимость заполнения, грн.	Стоимость колонны “в деле”, грн.	ТР, чел-час
1	Картон влагостойкий S _{оп} = 7,2 м ² Ц = 118,20 грн/м ²	тяжелый бетон	737,63	676,80	2192,37	7,10
		самоуплотняющийся бетон		846,00	2454,63	
2	Пенополистирол V _{1 кол} = 1,08 м ³ Ц = 530 грн/м ³	тяжелый бетон	489,20	676,80	1829,85	6,70
		самоуплотняющийся бетон		846,00	2192,11	
3	Стальная труба диам. 530x6 мм h=3000 мм M = 0,301 т Ц = 1640,95 грн/п.м	тяжелый бетон	4266,47	676,80	6661,34	11,2
		самоуплотняющийся бетон		846,00	6923,6	
4	Деревометаллическая опалубка S _{оп} = 7,2 м ² Ц = 140 грн/м ²	тяжелый бетон	873,60	676,80	2403,12	9,38
		самоуплотняющийся бетон		846,00	2665,38	
5	Сборная ж/б колонна 600x600 мм h=3000 мм M=2,34 т	тяжелый бетон	-	-	2334,0	12,1

Fig. 11. installation in design position permanent formwork

Соответственно, монтажный кран выполняет другие операции по подаче изделий и конструкций, бетонной смеси, средств подмащивания и др. на монтажный горизонт. Снижаются затраты на механизацию работ.

При монтаже опалубки в виде металлической обоймы трудоемкость возрастает ввиду увеличения веса несъемной опалубки. При этом монтажный кран задействован как при подаче контейнера с опалубкой на монтажный горизонт, так и при ее поштучной подаче на место установки.

Трудоемкость вышеописанных процессов не нормировалась, что усложняет сравнительный анализ с традиционным устройством сборно-разборной опалубки. Наряду с отсутствием нормативных показателей, строительные компании предоставляют данные по стоимости материала несъемной опалубки.

Сравнительные показатели по удельной стоимости опалубки, стоимости заполнителя, стоимости колонны “в деле” и трудоёмкости монтажа приведены в таблице 1. Показатели приведены на одну колонну сечением 600x600 мм, высотой h=3000 мм.

Предусмотрено применение тяжелого бетона класса по прочности С10/15...С25/30. В сравнительной таблице 1 приведены также показатели по стоимости самоуплотняющегося бетона. Данное сравнение выполнено с целью сокращения затрат труда на уплотнение бетонной смеси в период ее укладки.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО

Пенополистирольная и картонная опалубки – достаточно легкий строительный материал, который при неосторожном уплотнении бетонной смеси может получить деформации. В этом случае применение самоуплотняющегося бетона исключает возможные разрушения и деформации тонкостенных легких материалов несъемной картонной и пенополистирольной опалубки.

ВЫВОДЫ

На основании полученных данных можно сделать вывод, что наименьшая трудоемкость при возведении колонн достигается при монтаже несъемной опалубки из пенополистирола и влагостойкого картона – 6,7 и 7,1 чел-час соответственно, наибольшая – при применении в виде несъемной опалубки стальной трубы – 11,2 чел-час.

В сравнении со сборным железобетоном (Тр=12,1чел-час) трудоемкость монтажа колонны в несъемной опалубке из пенополистирола меньше в 1,8 раза.

Весомая часть стоимости монолитных колонн в несъемной опалубке зависит от трудоемкости процесса устройства, затрат на механизацию, транспортирование и хранение опалубочных систем. Большое влияние на трудоемкость возведения колонн в несъемной опалубке оказывает сам материал последнего.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.6-98:2009, 2011. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. - К.: Мінрегіонбуд України. – 71.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. - К.: Мінбуд України. – 31.
3. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Производственная безопасность в строительстве. Основные положения. – К.: Укрархбудинформ. - 89.
4. ДБН А.3.1-5-2009. 2011. Организация строительного производства. – К.: Минрегионстрой Украины. – 20.
5. Картонная опалубка колонн «Опалубка-Тула». - Режим доступа: <http://www.tula-urak.ru/catalog/25/>. (русск.)
6. Кришан А. Л., 2009. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - №4, 75 - 80.

7. Опалубка AMICOTUBE для колонн производства Україно-Ізраїльської компанії «AMICOTUBE». - Режим доступа: <http://www.opalubka.dp.ua/22.html>. (русск.)

8. Опалубка круглых колонн от Группы Компаний "Опалубка". «Монотьюб». - Режим доступа: <http://psk-holding.ru/catalog/opalubka/kolonnФигурных+колонн/695/>. (русск.)

9. Пенопластовая опалубка для колонн. - Режим доступа: http://pioner.net.ua/ru/price?id_group=141. (русск.)

10. Стороженко Л.І., Пенц В.Ф., Коршун С.Г. , 2008. Трубобетонні конструкції промислових будівель: Монографія. – Полтава: ПолНТУ. – 202.

11. Харитонов В.А. и др., 2006. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города. - М.: Изд-ва «АСВ» и «Реалпроект». - 623.

12. Moga C., Gutiu S.I., Campian C., Urian G., 2006. Concrete-Filled Steel Rectangular Section Columns. Shear Connection Design. Ovidius University Annals Series // Civil Engineering, -vol. 1, -№8, Nov., 23-26.

13. Чаусов Н., Видельманн В., Пилипенко А., 2012. Моделирование поведения пластических материалов при сложных нагрузках// MOTROL. – Vol. 14, №3, 191-199.

14. Савченко Л., Ратай И., 2012. Проектирование логистической системы доставки грузов в условиях сельскохозяйственных предприятий // MOTROL. - Vol. 14, №3, 215 - 221.

15. Куликов Г., Казьмина А., Кондратьева Н., 2011. Взаимосвязь предпроектных исследований и характера реконструкции жилища// MOTROL. – Т. 13С, 146 - 153.

STUDY ON THE EFFICIENCY OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROCESS OF ERECTION OF THE COLUMNS OF THE PARKING LOT IN CONCRETE FORMS

Summary. Construction technology of formwork and its price depends on the material from which it is made: steel, wood, laminated plywood, aluminum, plastic, etc. in the article are invited to consider the application of permanent formwork for parking along with common formwork systems. Shows the advantages of the application of permanent formwork. describes the technology works on the device of columns in concrete forms. compare key technical and economic and technological indicators of main types of formwork.

Key words. Permanent shuttering, trubobeton, cardboard, styrofoam, concrete formwork, temporary stability, complexity

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ РАЗБОРКИ ЗАВАЛОВ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ

Сергей Шатов

ГБУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Украина, 49000, Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24а, e-mail: shatovsv@yandex.ua

Аннотация. При ликвидации аварий и стихийных бедствий гидравлические экскаваторы являются основными технологическими машинами при разборке завалов разрушенных зданий и сооружений. Разработано рабочее оборудование, которое может адаптироваться к разнообразной форме и размерам обломков разрушенных объектов, что сокращает время спасательных и восстановительных работ.

Ключевые слова: аварии, стихийные бедствия, разрушения, разборка завалов, оборудование экскаваторов.

ВВЕДЕНИЕ

Техногенные катастрофы, аварии и стихийные бедствия приводят к повреждению или разрушению зданий, сооружений и транспортных сетей. Под завалами разрушенных объектов могут находиться потерпевшие. Разборка завалов и поврежденных зданий выполняется машинами и механизмами, которые не отвечают требованиям этих работ, что приводит к выполнению спасательных или восстановительных работ по несовершенным технологическим схемами, а это увеличивает сроки и трудоемкость их ведения. Поэтому необходима разработка технологических решений разборки завалов, поврежденных или разрушенных зданий и сооружений с использованием новых типов машин и их рабочего оборудования.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Проявлениями техногенных катастроф и аварий являются взрывы газа, пожара, разрушения сетей водоснабжения и канализации. К стихийным бедствиям относят землетрясения, ураганы, сдвиги грунта и наводнения. Сооружения и здания могут быть разрушены или повреждены во время военных конфликтов и террористических актов.

Разрушение сооружений и зданий в зависимости от источника аварии или стихийного бедствия, их мощности, времени действия и других факторов имеет вероятный характер [1 - 9]. В то же время определены отдельные закономерности их разрушения [10]. Знание этих закономерностей позволяет обоснованно спланировать и выполнить работы по разборке завалов и поврежденных зданий.

Анализ аварийно-спасательных работ в Армении (1989 г.), Нью-Йорке (2001 г.), Днепропетровске (2007 г.), Евпатории (2008 г.), Луганске (2009 г.), Астрахани (2011 г.), Харькове (2012 г.) показал, что разборка завалов и поврежденных зданий выполнялась путем подготовки площадки, обрушением неустойчивых строительных конструкций, разрушением поврежденных конструкций и крупногабаритных обломков; погрузкой и вывозом продуктов разборки завалов [1 -2]. На всех этапах используют самоходные краны с телескопической стрелой (рис. 1, а). Это позволяет захватывать и поднимать обломки завалов на расстоянии 30 – 40 м от крана. В качестве рабочего оборудования на кранах используют крюковые подвески со стропами.



а)

б)

Рис. 1. Разборка завалов в Днепропетровске (Украина, 2007 г.):

а - телескопическим краном; б – экскаватором с ковшом

Fig. 1. Sorting out the obstructions in Dnepropetrovsk (Ukraine, 2007):

а - with a telescopic faucet; б – with a power-shovel with a scoop



а)

б)

в)

Рис. 2. Рабочие органы для разборки завалов:

а - ковш с захватом в виде челюсти; б – гидрорезицы; в – захват

Fig. 2. Labour bodies for sorting out obstructions:

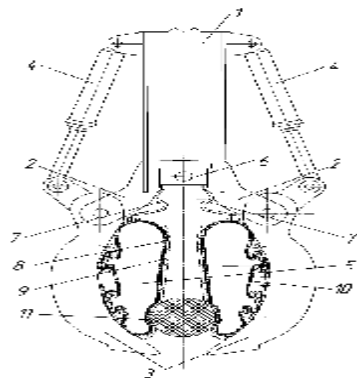
а - a scoop with a grip as a jaw; б – hydraulic shears; в – a *grip*

Существенным недостатком такого оборудования является необходимость заведения строп под обломки в случае невозможности захвата обломков за обнаженные металлические детали. Это требует ручного труда спасателей и не всегда возможно завести стропы под обломки. Ручные операции со стропами увеличивают вероятность повторного обрушения элементов завалов и не обеспечивают безопасность ведения спасательных и восстановительных работ.

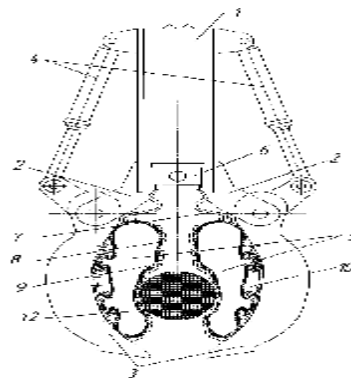
Значительный объем работ по разборке завалов и поврежденных зданий выполняется гидравлическими экскаваторами с разными типами рабочих органов (рис. 1, б и рис. 2): ковши, захваты, ковши с захватами в виде челюсти, гидрожницы, рыхлители.

Применение ковшей на экскаваторах обеспечивает возможность разборки завалов, которые имеют объем обломков не больше 0,3...0,5 м³. Большие обломки не загружаются в ковш экскаватора (рис. 1, б), который нуждается в использовании другой дополнительной техники или применения ковша с захватом в виде челюсти (рис. 2, а). Обломки крупных размеров (плиты перекрытия, панели, перемычки) измельчают и схватывают гидрожницами (рис. 2, б). Однако, рабочие части их зубьев не могут адаптироваться к разным формам обломков, что ухудшает надежность их удержания и безопасность выполнения работ. Тот же недостаток имеют конструкции захватов (рис. 2, в).

Недостатком известных технологических схем разборки завалов и поврежденных зданий с использованием экскаваторов является отсутствие рабочего оборудования, которое позволило эффективно извлекать из завалов обломки разных форм, размеров, массы и надежно фиксировать при перемещении их в автотранспорт.



а)



б)

Рис. 3. Рабочий орган захвата, который адаптируется к форме и размерам обломков:

а – захватывание мелких обломков; б - захватывание крупных обломков

Fig. 3. Labour body of the grip which adapts oneself to the form and sizes of wreckages:

а - gripping shallow wreckages; б - gripping large wreckages

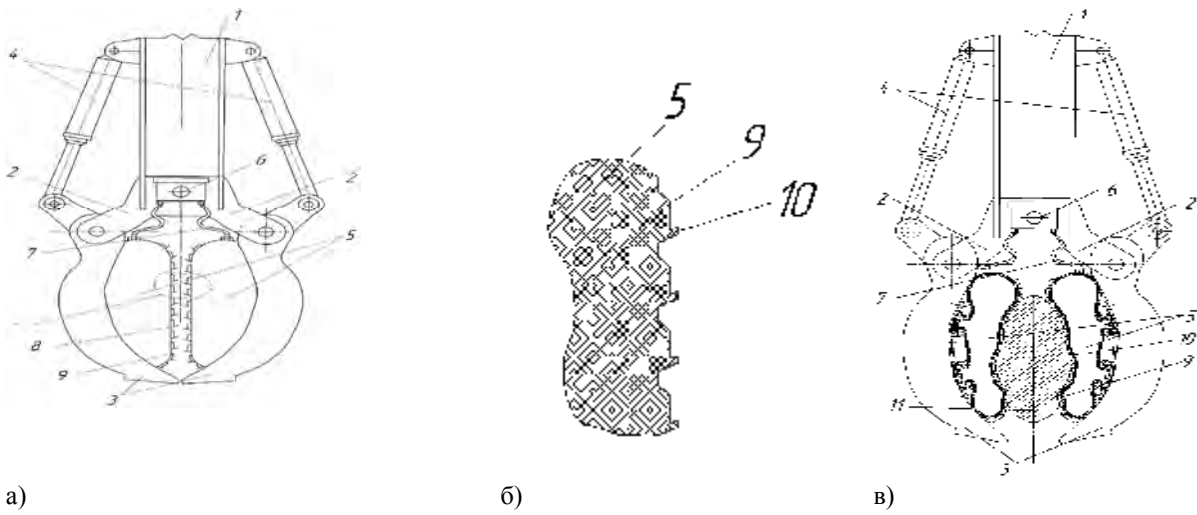
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Разработаны конструкции выполнения захватов, которые позволяют адаптироваться к разнообразной форме обломков и поврежденных строительных элементов зданий, что обеспечивает их надежное удержание [11, 12].

Технологическое оборудование (рис. 3) содержит рукоять 1, на который с помощью кронштейнов 2 шарнирно установлены подвижные зубья 3, связанные с гидроцилиндрами управления 4. Внутренние поверхности подвижных зубьев 3 оборудованы эластичными камерами 5, которые связаны трубопроводами 7 с компрессором 6 пневматической системы. Внешние поверхности 8 эластичных камер 5 имеют протекторы 9, а внутренние поверхности 10 скобами и клиньями зафиксированы на подвижных зубьях 3. Захватывание мелких обломков 11 (рис. 3, а) выполняется эластичными камерами 5 с малым внутренним давлением воздуха и подвижными зубьями 3. Внешние поверхности 8 эластичных камер 5 деформируются, охватывают обломок 11 и повторяют его форму, что позволяет надежно его удерживать при подъеме. Наличие внешних протекторов 9 на камерах 5 также обеспечивает надежную фиксацию обломков.

При разборке завалов с обломками 12 среднего и крупного размера (рис. 3, б), их схватывание осуществляется гибкими камерами 5 с большим внутренним давлением, создаваемым работой компрессора 6 и автоматической системой его регулирования.

Обломки из завалов, поврежденных или разрушенных зданий и сооружений, загружают в транспортные средства, или перемещают на площадки-склады.



а) б) в)
Рис. 4. Рабочий орган захвата с выступающими элементами на протекторах:

а – общий вид; б – фрагмент эластичной камеры; в – захватывание обломка

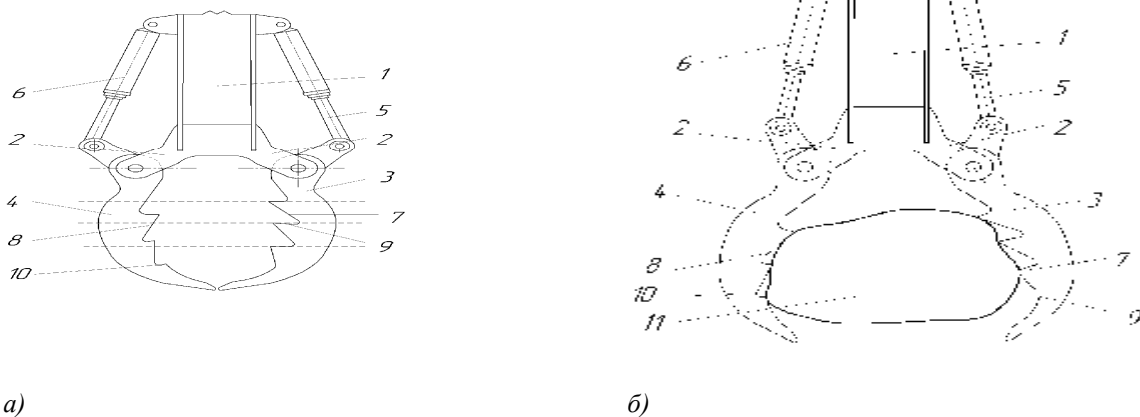
Fig. 4. Labour body of the grip with scarcements on protectors:

а - general view; б – fragment of elastic chamber; в – gripping a fragment

Вариантом выполнения рабочего органа является конструкция захвата (рис. 4), в котором внешние поверхности 8 эластичных камер 5 имеют протекторы 9 с выступающими элементами 10, выполненные с наклоном во внутрь рабочего органа (рис. 4, б). Во время захватывания обломков 11, наклон выступающих элементов 10 во внутрь рабочего органа обеспечивает свободный вход обломков в пространство между эластичными камерами 5. При сжимании обломков зубьями 3

(рис. 4, в) и его подъеме, выступающие элементы 10 предотвращают обратный выход (падение) схваченного груза.

Для повышения эксплуатационной надежности разработанных захватов внешние поверхности эластичных камер целесообразно армировать кордом (в виде металлического провода) или использовать захват, который приведен на рисунке 5.



а) б)
Рис. 5. Рабочий орган захвата с ребристыми асимметричными зубьями:

а – общий вид; б – захватывание обломка

Fig. 5. Labour body of the grip with ribbed asymmetric teeth:

а - general view; б – gripping fragment

Внутренние поверхности 7 и 8 подвижных зубьев 3 и 4 выполнены ребристыми. Меньшие по размеру участки 9 и 10 поверхностей 7 и 8 ориентированные во внутрь рабочего органа, а на зубьях 3 и 4 они смещены между собой по высоте (рис. 5, а). При выполнении работ по разборке завалов, а также поврежденных зданий и сооружений, захватывание обломков 11 выполняется подвижными зубьями 3 и 4 (рис. 5, б). Наличие ребристых внутренних поверхностей 7 и 8 обеспечивает надежное удержание грузов за счет большого удельного давления на их поверхности. Кроме того, меньшие по размеру участки 9 и 10 ориентированные во внутрь рабочего органа, что не позволяет грузу 11 выходить из него при сомкнутых зубьях 3 и 4.

Каждый из разработанных видов захватов устанавливается на поворотном модуле рабочего оборудования экскаваторов, что обеспечивает их пространственную ориентацию для схватывания из определенной части завала одного или нескольких обломков зданий. В гидросхемах управления гидроцилиндрами замыкания зубьев или ножниц установлены гидрозамки, предохраняющие оборудование от падения давления в системе и размыкания рабочих органов, а следовательно от падения груза (обломка). Наличие в захватах гибких камер или зубьев с ребристыми рабочими поверхностями дублирует работу гидрозамков (в случае утечек рабочей жидкости), повышает эффективность и безопасность применения оборудования. Особенно это является важным при разборке тех частей завалов, где могут находиться потерпевшие.

Эксплуатационная производительность P_{E3} экскаваторов с захватом при разборке разрушенных зданий и сооружений может быть рассчитана выражением:

$$P_{E3} = \frac{3600}{T_{цз}} \cdot Q \cdot K_G \cdot K_B, \quad (1)$$

где Q – грузоподъемность, т;

K_G – коэффициент использования экскаватора по грузоподъемности, $K_G = 0,6 \dots 0,8$;

K_B – коэффициент использования экскаватора по времени, $K_B = 0,8 \dots 0,85$;

$T_{цз}$ – длительность рабочего цикла, с.

Длительность рабочего цикла $T_{цз}$ при

работе захватом

$$T_{цз} = t_{cx.} + t_{n.} + 2t_{nep.} + t_{розв.} + t_{он.}, \quad [с], \quad (2)$$

где: $t_{cx.}$ – время схватывания обломка, с; $t_{n.}$ – время на подъем обломков, с; $t_{nep.}$ – время на перемещение обломков, с; $t_{розв.}$ – время разгрузки, с; $t_{он.}$ – время на опускание рабочего оборудования к разрушенному зданию, с.

Эксплуатационная производительность $P_{ЕК}$ экскаваторов с ковшом обратной лопаты рассчитывается выражением:

$$P_{ЕК} = \frac{3600}{T_{ц}} \cdot q \cdot K_H \cdot K_B, \quad (3)$$

где q – вместимость ковша, м³;

K_H – коэффициент наполнения ковша,

$K_H = 0,8 \dots 0,9$.

Длительность рабочего цикла $T_{цк}$ при работе ковшом:

$$T_{цк} = t_{зан.} + t_{n.} + 2t_{nep.} + t_{розв.} + t_{он.}, \quad [с] \quad (4)$$

где: $t_{зан.}$ – время заполнения ковша обломками, с.

Анализ и сравнение показателей работы экскаваторов с разными видами рабочего оборудования целесообразно выполнять отдельно для спасательных и восстановительных работ. При ведении спасательных работ, когда из-под завалов необходимо освободить потерпевших, критерием является минимальный срок разборки этих частей завалов. В этом случае выбирают оборудование, обеспечивающее наибольшую производительность работ, а также определяют количество машин (экскаваторов) исходя из возможностей их размещения в стесненных условиях разрушенных зданий и сооружений [10].

При восстановительных работах виды рабочего оборудования экскаваторов определяются не только характером разрушений и их объемом, последовательностью извлечения обломков, их размерами и массой, но и экономическими критериями: меньшей стоимостью машино-смены

экскаваторов и транспортных средств, используемых для вывозки обломков и элементов зданий; себестоимостью разработки 1 м^3 завала. Кроме того, для этих работ требуется специальное исполнение рабочего оборудования экскаваторов – стрелы должны иметь значительную длину для разборки элементов верхних этажей поврежденных зданий. Для снижения утомляемости машинистов экскаваторов и повышения производительности работ кабина оператора выполняется с возможностью регулирования ее наклона, что улучшает обзорность разбираемой части здания. При восстановительных работах, характеризующихся значительным количеством одновременно выполняемых операций в разных частях разбираемого завала или здания, надежное удержание извлекаемых обломков разработанными конструкциями захватов способствует их безопасной организации и проведению.

Количественный состав машин для разборки разрушенных зданий определяется на основе исходной информации о размерах, массе обломков и фракционном составе завала. Такие исходные данные получают обследованием завалов спасателями или разработанным методом их сканирования с последующей компьютерной обработкой [10]. Обломки объемом более $0,8\text{ м}^3$ целесообразно извлекать из завала экскаваторами с захватами, выполненные с гибкими рабочими поверхностями, а обломки объемом менее $0,8\text{ м}^3$ – с привлечением также и экскаваторов, которые оснащены ковшом с челюстью (многоцелевыми рабочими органами).

Расчет количества техники для разборки завалов производится в такой последовательности:

1. Определяется количество обломков в завале:

$$n_{\text{эпи}} = \sum_i \frac{\kappa_i \cdot V_{\text{эпи}} \cdot \gamma_3}{G_{\text{эпи}}}, \quad (5)$$

где: κ_i – коэффициент, учитывающий фракционный состав обломков разрушенного сооружения; $V_{\text{эпи}}$ – объем обломков; γ_3 – объемная масса завала, $\gamma_3 = 1,5 - 1,7\text{ т/м}^3$; $G_{\text{эпи}}$ – масса обломков.

2. Время разборки завала, когда убирается часть крупных обломков и не

трогаются мелкие обломки (спасательные работы):

$$T_{\text{СнР}} = T_{\text{ци}} \cdot \kappa_n \cdot \sum_i \frac{\kappa_{(i-m)} \cdot V_{\text{эпи}} \cdot \gamma_3 \cdot P_{Gi}}{G_{\text{эпи}(i-m)}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{ци}}$ – продолжительность рабочего цикла экскаватора (2); κ_n – коэффициент, учитывающий подъем части обломков завала при спасательных работах, $\kappa_n = 0,3 \dots 0,5$; $(i-m)$ – грузы без мелких обломков; P_{Gi} – вероятность появления соответствующего по объему обломка.

Вероятность появления обломка определенной массы может быть представлена на основании теории массового обслуживания, как вероятность появления числа, событий для стационарных (Пуассоновских) потоков.

$$P_{(n)} = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (7)$$

где: n – число событий (обломков) в системе; λ – интенсивность появления обломков; t – промежуток времени, в течении которого осуществляется событие.

Относительно данной задачи выражение (7) примет вид:

$$P_{Gi} = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^m \frac{m! \Psi^n}{(m-n)!}}, \quad (8)$$

где: m – максимально возможно число обломков в завале; Ψ – коэффициент загрузки экскаватора

$$\Psi = \lambda / \mu,$$

где: λ – интенсивность поступления транспортных средств для вывоза элементов завала; μ – интенсивность работы экскаватора.

Для рассматриваемой задачи $P_{Gi} = 0,1 \dots 0,7$.

Коэффициент загрузки экскаватора также может быть определен выражением

$$\Psi = \frac{T_{\text{ц}} - T_{\text{П}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (9)$$

где $T_{\text{П}}$ – время простоя экскаватора.

3. Время разборки завала, когда необходимо убрать все обломки разрушенного здания (восстановительные работы):

$$T_{\text{ВсР}} = T_{\text{ци}} \cdot n_{\text{эпи}} = T_{\text{ци}} \cdot \sum_i \frac{\kappa_i \cdot V_{\text{эпи}} \cdot \gamma_3}{G_{\text{эпи}}}, \quad (10)$$

4. Количество экскаваторов при спасательных работах $N_{\text{СнР}}$ и число экскаваторов при восстановительных работах $N_{\text{ВсР}}$:

$$N_{CnP} = \frac{T_{CnP}}{T_{\phi}}; N_{BcP} = \frac{T_{BcP}}{T_B}, \quad (11)$$

где: T_{ϕ} – минимальное время на разборку завала (фактор времени), $T_{\phi} = 6 \dots 8$ часов [9];

T_B – время на восстановительные работы.

Минимальное время на разборку завала (фактор времени) определяется исходя из условия оказания помощи пострадавшим, находящимся под обломками в завале. Из опыта ликвидации стихийных бедствий и техногенных аварий продолжительность нахождения людей в завалах разрушенных зданий и сооружений составляет 6...8 часов.

При необходимости использования других типов машин (погрузчиков, кранов) для разборки завалов и разрушенных зданий, их выбор осуществляется по разработанной методике с учетом фракционной структуры завалов, месторасположения разбираемого объекта, наличия транспортных путей движения техники

Все описанные этапы данной методики определения размеров обломков, выбора состава машин и их количества входят в электронную базу алгоритма принятия научно-обоснованных организационно-технологических решений разборки завалов разрушенных зданий и сооружений, что позволяет в минимальные сроки составить эти решения для их реализации.

Сопоставительный анализ технико-экономических показателей ликвидации последствий взрыва бытового газа по ул. Мандрыковская, 127, (Днепропетровск, 2007 г.) показал, что применение разработанных конструкций захватов обеспечило бы сокращение продолжительности и себестоимости работ в два раза.

ВЫВОДЫ

Анализ ликвидации последствий техногенных аварий и стихийных бедствий показал, что гидравлические экскаваторы являются одними из основных технологических машин при разборке завалов разрушенных зданий и сооружений, но не могут адаптировать рабочее оборудование к разнообразной форме и размерами обломков, что приводит к снижению надежности захватывания обломков.

Разработаны механико-технологические решения для захватывания, перемещения и загрузки в транспорт обломков разной формы и размеров на базе экскаваторов, которые

обеспечивают повышению эффективности спасательных и восстановительных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакин В., Батыгин Н., 1989.: Снос поврежденных при землетрясениях зданий // Механизация строительства. - № 6, 10-11.
2. Бакин В., 1989.: Механизация на разборке завалов // Механизация строительства, - № 5, 7-8.
3. Мірошніченко М., 2007.: Вибух газу – “це урок, який повинна засвоїти держава” // Надзвичайна ситуація. - № 10, 8-15.
4. Трагічний вибух у Євпаторії, 2009 // Надзвичайна ситуація. - № 1, 8-15.
5. Берни Д., Гилпин Д., Койн С., Симонс П., 2008.: Неукротимая планета. - ЗАО “Изд. Дом Ридерз Дайджест”. - 319.
6. Марков А. 2008.: Аварии зданий и сооружений. – Запорожье : “НАСТРОЙ”. – 84.
7. Боровский Б., Лапина Е., 2009.: Техногенные аварии в системах газоснабжения и их предупреждение // Motrol. - № 11A, 120 - 122.
8. Куликов Г., Казьмина А., 2010.: Комплексная реконструкция малоэтажных зданий // Motrol. - № 12D, 166 - 171.
9. Чумак С., 2008.: Основы разработки технологии и управления процессами аварийно-спасательных работ при разрушениях зданий и сооружений // Пробл. безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: ВИНТИ. - Вып. 4, 55-62.
10. Хмара Л., Шатов С., 2012.: Определение средств механизации для разборки разрушенных зданий на основе анализа структуры завала // Механизация строительства. - № 1, 34-38.
11. Хмара Л., Шатов С., 2011.: Технологічне обладнання екскаваторів для розбирання завалів зруйнованих будівель // Вісник Придніпр. держ. акад. буд. та архітект. – Д.: ПДАБА. - № 10, 25-31.
12. Шатов С., 2012.: Удосконалення технологічних операцій розбирання та переміщення уламків зруйнованих будівель // Вісник Придніпр. держ. акад. буд. та архітект. – Д.: ПДАБА. - № 10, 38-43.

МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ OF IMPROVEMENT OF TECHNIQUE FOR SORTING OUT OF OBSTRUCTIONS OF BLASTED BUILDINGS

Summary. At liquidation of accidents and natural disasters hydraulic power-shovels are basic technological machines for sorting out obstructions of the blasted buildings and constructions. Operational equipment which can adapt oneself to the various forms and sizes of wreckages of the blasted objects is developed, that shortens time of rescue and restoration works.

Key words: accidents, natural disasters, destructions, sorting out obstructions, equipment of power-shovels.

СОДЕРЖАНИЕ

Роман Чупин НАПОРНОЕ-БЕЗНАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ СТОКОВ В СИСТЕМАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ	3
Дмитрий Соловей, Сергей Шарапа ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНО-МОНОЛИТНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	15
Елена Степанова ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТОМАТОВ. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ	19
Дмитрий Перминов, Елена Перминова МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЯСЕ РИГЕЛЯ РАМНОГО УЗЛА	25
Владлен Корохов, Нелли Бусарова ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОРРОЗИИ ДЫМОГАРНЫХ ТРУБ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ И ИХ ЗАЩИТЕ	31
Геннадий Тонкачиев, Андрей Голядинец РАЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТОВ	39
Леонид Бабицкий, Вадим Москалевич ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	47
Сергей Ажермачёв ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	53
Oleg Yakhno, Aleksandr Gubarev, Oksana Ganpanturova, Alyona Murashchenko THE EXERGETIC ANALYSIS FOR PREDICTING OF ENERGY EFFICIENCY OF THE HYDRAULIC DRIVE SYSTEMS	59
Виктор Пришляк, Оксана Соколенко УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЕННЫХ КОРМОВ ГИДРОПОННЫМ СПОСОБОМ	67
Борис Пушкарёв, Михаил Васильев, Павел Кореньков ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ НА СТОЙКОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В Г. СИМФЕРОПОЛЬ НА БАЗЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ СИСТЕМ	75
Геннадий Клещёв, Леонид Коломиец, Максим Клещев, Александр Мовчан НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШТАМПОВ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ	81
Николай Иванов, Леонид Серeda, Оксана Моторная, Алексей Переяславский УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НАСОСА-ДОЗАТОРА СИСТЕМЫ ГИДРООБЪЕМНОГО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ САМОХОДНЫХ МАШИН	87

СОДЕРЖАНИЕ

Tetiana Denysova SOLAR CONCENTRATORS IN HEAT BALANCE OF THE BUILDING	99
Елена Морозова К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДСТРОЕК НА САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ОПОРАХ	105
Геннадий Куликов, Альбина Казьмина МЕТОДЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ	113
Анатолий Кононенко, Геннадий Улитин, Валерий Калинин АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЭРЛИФТА С РАЗВИТОЙ СНАРЯДНОЙ СТРУКТУРОЙ ВОДОВОЗДУШНОГО ПОТОКА	121
Alexander Dvoretzky, Ksenia Klevets HEAT LOSS REDUCTION OF ENERGY-EFFICIENT HOME BY BUFFER AREAS	125
Елена Валкина, Светлана Вернези, Илья Николенко МИГРАЦИЯ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ФПГС В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ПРИ ПОПАДАНИИ ИХ В ПОЧВУ С ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД	131
Юрий Гербер, Галина Кутина ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОСМЕШИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ В СР-ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА	135
Александр Дмитриев ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ТЭНСИЛАНД»	139
Игорь Дьяков НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДХОДОВ ЕДИНИЧНОЙ ЖИВУЧЕСТИ К ОЦЕНКЕ СВАЙНЫХ УДЕРЖИВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ	147
Алексей Завалий, Владимир Рутенко, Сергей Криворучко ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ ВЫЖИМКИ В НЕПРЕРЫВНО ДВИЖУЩЕМСЯ СЛОЕ	153
Сергей Воложанинов, Алексей Завалий, Олег Кузовкин АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТРОЙСТВАХ	163
Эльмар Меннанов, Николай Шевченко, Дмитрий Крамаренко ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ НАКЛАДОК В СТЫКЕ С21P _n ИЗ АРМАТУРЫ КЛАССА А500С ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МАЛОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ.	171
Анна Муровская, Сергей Федоркин КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ЭКОСИСТЕМ ПРИМОРСКИХ ГОРОДОВ (на примере г. Феодосия)	177
Елена Носатова МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАКТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ БЕТОНОВ НА ОТХОДАХ КАМНЕПИЛЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ РАКУШЕЧНИКОВ И ЖИДКИХ СТЕКЛАХ С СИЛИКАТНЫМ МОДУЛЕМ M _c = 1,5...1,7, ПОСЛЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ	183

СОДЕРЖАНИЕ

Игорь Свищ, Елена Носатова, Irina Levshits, Василий Носатов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТХОДОВ И ЦЕОЛИТОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА С СИЛИКАТНЫМ МОДУЛЕМ $M_c = 1,5 \dots 1,7$	189
Ксения Пшеничная-Ажермачёва НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УЗЛА ЗАКРЕПЛЕНИЯ СВАЙ В ОПОРНОМ РОСТВЕРКЕ МОРСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ	195
Юлия Ревякин, Владимир Стоянов, Алексей Фридман, Виктор Стоянов ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКИХ АВАРИЙ И КАТАСТРОФ	203
Владимир Синцов, Александр Синцов РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК СО СТЕНКОЙ ИЗ OSB И НАГЕЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ПОЯСОВ СО СТЕНКОЙ.	211
Владислав Спинов АНАЛИЗ В И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ В КОНТАКТНЫХ АППАРАТАХ	217
Александр Морозов, Ирина Чередниченко ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАЗГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ	223
Анатолий Югов, Валентина Таран, Николай Коннов, Дарья Бершадская ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ КОЛОНН ПАРКИНГА В НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКЕ	229
Сергей Шатов МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ РАЗБОРКИ ЗАВАЛОВ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ	237

**СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ
LIST OF THE REVIEWERS**

Андренко Павел

Зайцев Олег

Морозов Александр

Яковенко Анатолий

Абдулгасис Умер

Николенко Илья

Ветрова Наталья

Сукач Михаил

Editors of the „Motrol” magazine of the Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture would like to inform both the authors and readers that an agreement was signed with the Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computational Modelling at the Warsaw University referred to as “ICM”. Therefore, ICM is the owner and operator of the IT system needed to conduct and support a digital scientific library accessible to users via the Internet called the “ICM Internet Platform”, which ensures the safety of development, storage and retrieval of published materials provided to users. ICM is obliged to put all the articles printed in the “Motrol” on the ICM Internet Platform. ICM develops metadata, which are then indexed in the “Agro” database.

Impact factor of the „Motrol” journal according to the Commission of Motorization and Energetics in Agriculture is 2,98 (July 2014).

GUIDELINES FOR AUTHORS (2014)

The journal publishes the original research papers. The papers (min. 8 pages) should not exceed 12 pages including tables and figures. Acceptance of papers for publication is based on two independent reviews commissioned by the Editor.

Authors are asked to transfer to the Publisher the copyright of their articles as well as written permissions for reproduction of figures and tables from unpublished or copyrighted materials.

Articles should be submitted electronically to the Editor and fulfill the following formal requirements:

- Clear and grammatically correct script in English,
- Format of popular Windows text editors (A4 size, 12 points Times New Roman font, single interline, left and right margin of 2,5 cm),
- Every page of the paper including the title page, text, references, tables and figures should be numbered
- SI units should be used

Please organize the script in the following order (without subtitles):

Title, Author(s) name (s), Affiliations, Full postal addresses, Corresponding author's e-mail

Abstract (up to 200 words), Keywords (up to 5 words), Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (a combined Results and Discussion section can also be appropriate), Conclusions (numbered), References, Tables, Figures and their captions

Note that the following should be observed:

An informative and concise title; Abstract without any undefined abbreviations or unspecified references; No nomenclature (all explanations placed in the text); References cited by the numbered system (max 5 items in one place); Tables and figures (without frames) placed out of the text (after References) and figures additionally prepared in the graphical file format jpg or cdr.

Make sure that the tables do not exceed the printed area of the page. Number them according to their sequence in the text. References to all the tables must be in the text. Do not use vertical lines to separate columns. Capitalize the word 'table' when used with a number, e.g. (Table1).

Number the figures according to their sequence in the text. Identify them at the bottom of line drawings by their number and the name of the author. Special attention should be paid to the lettering of figures – the size of lettering must be big enough to allow reduction (even 10 times). Begin the description of figures with a capital letter and observe the following order, e.g. Time(s), Moisture (%), vol), (%), m^3m^{-3} or (%), gg^{-1}), Thermal conductivity ($W m^{-1}K^{-1}$).

Type the captions to all figures on a separate sheet at the end of the manuscript.

Give all the explanations in the figure caption. Drawn text in the figures should be kept to a minimum. Capitalize and abbreviate 'figure' when it is used with a number, e.g. (Fig. 1).

Colour figures will not be printed.

Make sure that the reference list contains about 30 items. It should be numbered serially and arranged alphabetically by the name of the first author and then others, e.g.

7. Kasaja O., Azarevich G. and Bannel A.N. 2009. Econometric Analysis of Banking Financial Results in Poland. *Journal of Academy of Business and Economics (JABE)*, Vol. IV. Nr 1, 202–210.

References cited in the text should be given in parentheses and include a number e.g. [7].

Any item in the References list that is not in English, French or German should be marked, e.g. (in Italian), (in Polish).

Leave ample space around equations. Subscripts and superscripts have to be clear. Equations should be numbered serially on the right-hand side in parentheses. Capitalize and abbreviate 'equation' when it is used with a number, e.g. Eq. (1). Spell out when it begins a sentence. Symbols for physical quantities in formulae and in the text must be in italics. Algebraic symbols are printed in upright type.

Acknowledgements will be printed after a written permission is sent (by the regular post, on paper) from persons or heads of institutions mentioned by name.