

ISSN 2415-7996

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Центр фундаментального образования

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы
XII международной молодежной научной конференции
по естественнонаучным и техническим дисциплинам

Йошкар-Ола, 21-22 апреля 2017 года

Часть 4

Йошкар-Ола
ПГТУ
2017

УДК 378.147.88

ББК 74.58

Н 34

Редакционная коллегия

Д. В. Иванов, член-корреспондент РАН, д-р физ.-мат. наук; профессор;

С. Г. Кудрявцев, канд. техн. наук, доцент;

Э. В. Унженина, специалист по учебно-методической работе ЦФО;

В. Е. Шебашев, канд. техн. наук, профессор

Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XII
Н 34 международной молодежной научной конференции по естественно-
научным и техническим дисциплинам (Йошкар-Ола, 21-22 апреля
2017 г.): в 4 ч. / редкол.: Д. В. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: По-
волжский государственный технологический университет, 2017. –
Ч. 4. – 224 с.

Представлены результаты научно-исследовательских работ молодых ученых, аспирантов и студентов по секциям «Исследование, расчет и проектирование конструкций зданий и сооружений», «Исследования в архитектурном проектировании», «Современные материалы и технологии в строительном комплексе», «Исследования в области геодезии, картографии, землеустройства и кадастров», «Моделирование и прогнозирование социально-экономических процессов», «Математические методы и модели исследований операций в экономике».

УДК 378.147.88

ББК 74.58

Научное издание

НАУЧНОМУ ПРОГРЕССУ – ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ

Материалы XII Международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам в 4 частях

Часть 4

Компьютерная верстка Э. В. Унжениной

Подписано в печать .07.17. Формат 60х84^{1/16}. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 15,35. Тираж 150 экз. Заказ №

Поволжский государственный технологический университет. 424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Редакционно-издательский центр ПГТУ. 424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

ISSN 2415-7996

© Поволжский государственный
технологический университет, 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный уровень наукоемкого производства требует, чтобы обучающиеся в высшей школе овладели инновационной культурой, творческим мышлением, были способны легко воспринимать новые идеи, искать и создавать новейшие технологии с последующим их внедрением. Поэтому при организации учебного процесса необходимо переносить акцент на самостоятельную творческую работу студентов, связанную с решением конкретных научных или практических задач, в том числе и по заказам предприятий. В конечном итоге это позволит сформировать у обучающихся определенный набор компетенций для дальнейшей практической деятельности.

XII Международная молодежная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам, которая прошла 21-22 апреля 2017 года на базе центра фундаментального образования Поволжского государственного технологического университета была направлена на привлечение талантливой молодежи к научным исследованиям, использованию их творческого потенциала для решения актуальных проблем современной науки и практики.

Основные задачи, которые были поставлены при организации и проведении конференции:

- стимулировать интерес студентов к научному творчеству, научить методике, способам самостоятельного решения научно-исследовательских и практических задач, навыкам работы в научных коллективах;
- развить творческое и профессиональное мышление молодежи, углубить и закрепить полученные при обучении теоретические и практические знания;
- выявить наиболее одаренных и креативных студентов для подготовки резерва научно-педагогических и научных кадров;
- развить научные межвузовские связи как внутри страны, так и со странами ближнего и дальнего зарубежья.

В конференции участвовало более 400 представителей молодого поколения из вузов Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья. Работа конференции была организована в 24 секциях. Наименования секций соответствовали научным направлениям деятельности научных школ ПГТУ. Работу секций курировали ведущие в соответствующих областях науки ученые ПГТУ и других вузов России. По представлению руководителей секций лучшие доклады отмечены дипломами соответствующей степени.

При подведении итогов работы конференции было отмечено благоприятное отношение молодежи к научно-техническому творчеству, ее огромный интеллектуальный потенциал, который в дальнейшем необходимо направить на решение новых научных и прикладных задач.

По результатам конференции выпускается сборник материалов в 4 частях. В данной части представлены секции: «Исследование, расчет и проектирование конструкций зданий и сооружений», «Исследования в архитектурном проектировании», «Современные материалы и технологии в строительном комплексе», «Исследования в области геодезии, картографии, землеустройства и кадастров», «Моделирование и прогнозирование социально-экономических процессов», «Математические методы и модели исследований операций в экономике».

Оргкомитет выражает искреннюю признательность участникам конференции, их научным руководителям за высокий уровень представленных докладов. Особая признательность руководителям секций за процедуру отбора и квалифицированную оценку полученных результатов. Редакционная коллегия благодарит всех, кто предоставил статьи для публикации и помогал готовить их к публикации.

Желаем всем творческих успехов и удачи в достижении поставленных перед собой целей.

Проведение XIII конференции по традиционной тематике аналогично планируется на вторую декаду апреля 2018 года. До новых встреч!

Директор центра
фундаментального образования ПГТУ
С. Г. Кудрявцев

Секция «ИССЛЕДОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

УДК 624.014

Белоусов Н. М.

Научный руководитель: Актуганов А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КРОНШТЕЙНОВ СТЕНОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Аннотация. *Представлен расчет кронштейна КРУ-2р с горизонтально ориентированной плоскостью консоли.*

Ключевые слова: *кронштейны, вертикальная нагрузка, горизонтальная нагрузка.*

Подоблицовочная конструкция состоит из кронштейнов, которые крепятся непосредственно к стене и несущих профилей, устанавливаемых на кронштейны, к которым с помощью специальных элементов крепежа прикрепляются плиты (листы) облицовки. Утеплитель фиксируется на наружной поверхности стены с помощью дюбелей, специальных профилей и т. п.

Основное предназначение подоблицовочных конструкций – закрепление плит облицовки и теплоизоляции к стене таким образом, чтобы между теплоизоляцией и отделочной панелью осталась вентилируемая воздушная прослойка. При этом исключаются клеевые и другие «мокрые» процессы, а все соединения осуществляются механически.

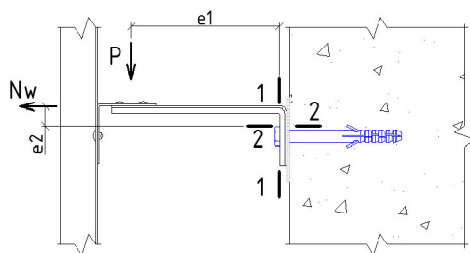
Такая конструкция должна обладать высокой степенью устойчивости к воздействию ветровых нагрузок; достаточной прочностью при действии нагрузки от веса облицовки; антикоррозийной устойчивостью; определенной подвижностью узлов для выдерживания статических (собственный вес конструкции, включая вес панелей и утеплителя) и динамических (ветер, температурные перепады и т. д.) нагрузок; возможностью выравнивания стен; легкостью и высокой скоростью монтажа и т. д.

Подконструкция не может быть единой для всех типов зданий. Для того чтобы подобрать и рассчитать требуемую номенклатуру изделий, ведущие фирмы требуют от заказчика предоставить ряд данных, напри-

мер, климатический район застройки, местонахождение (пустырь, плотная застройка и т. п.), высота и конфигурация здания, вид материала несущей стены, толщина и тип утеплителя, тип облицовки и способ ее крепления (видимый, невидимый) и т. п.

Все эти факторы влияют на выбор кронштейнов. Существует огромное разнообразие кронштейнов: стандартные кронштейны (КР, П-образный кронштейн Клименкова); раздвижные кронштейны, позволяющие использовать утеплитель различной толщины и нивелировать отклонения стены по вертикали (КР-С, КРР, составной кронштейн Демиденко); усиленные кронштейны, используемые в облицовке более тяжелыми материалами, например, керамзитобетоном (КРУ-2р, ККУ); межэтажные кронштейны, предназначенные для монтажа межэтажной фасадной системы (КНс-27, КНс-28/1) и т. д. Большинство кронштейнов сочетают в себе сразу несколько особенностей, так, например, кронштейн КНс-27 является межэтажным, усиленным и раздвижным, что делает его более универсальным.

Кронштейны рассчитываются на действие вертикальной нагрузки (собственный вес каркаса, фасадная облицовка и гололёд) и горизонтальной нагрузки, равной максимальной опорной реакции от ветровой нагрузки. Расчеты кронштейнов разных марок имеют свои особенности, для примера рассмотрим расчет кронштейна КРУ-2р с горизонтально ориентированной плоскостью консоли (рисунок).



Расчетная схема кронштейна КРУ-2р с горизонтально ориентированной плоскостью консоли

Расчет сечения 1-1 на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{x-1-1}}{W_{x-1-1}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2, \quad (1)$$

где $N_{1-1} = N_{w_max}$, кг;

N_{w_max} – максимальная опорная реакция от ветровой нагрузки;

$M_{x-1-1} = P * e_1$, кг*см;

A_{I-I} – площадь сечения, см²;
 $W_{x_{I-I}}$ – момент сопротивления сечения, см³;
 R_y – предел текучести стали;
 $\gamma_n = 1$ – коэффициент надежности по ответственности для расчета элементов ограждения.

Расчет сечения 2-2 на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{x_{2-2}}}{W_{x_{2-2}}} + \frac{N_{w_{\max}} * e_2}{W_{x_{2-2}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2, \quad (2)$$

где $M_{x_{2-2}} = P * e_1$, кг*см;

$W_{x_{2-2}}$ – момент сопротивления сечения, см³.

Кронштейн крепится к стене одним анкерным элементом.

Расчет анкерного элемента на вырыв выполняется по формуле:

$$N_g = N_{w_{\max}} + \frac{N_{w_{\max}} * e_2}{e_3} + \frac{P * e_2}{e_3} \leq N_{доп}, \text{ кг}, \quad (3)$$

где N_g – вырывающее усилие, действующее на анкер, кг;

$N_{доп}$ – допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, провиденных на конкретном объекте, кг.

Литература

1. Жуков, А. Д. Системы вентилируемых фасадов [Электронный ресурс] / А. Д. Жуков // Строительство: наука и образование. – 2012. – № 1. – 15 с. – Режим доступа: http://elibrary.ru/download/elibrary_17646684_47176034.pdf. – Дата обращения (06.04.2017).
2. Методика расчет прочности конструкций навесных фасадных систем с воз-душным зазором «Альт-Фасад-09» [Электронный ресурс]. – г. Трехгорный, 2014. – 44 с. – Режим доступа: [http://www.alt-msk.ru/_src/DocumentSystem.Item/7_files_doc/1102451345/a-ф-09.%20прочностные%20расчеты.%20\(hpl\).pdf](http://www.alt-msk.ru/_src/DocumentSystem.Item/7_files_doc/1102451345/a-ф-09.%20прочностные%20расчеты.%20(hpl).pdf). – Дата обращения (06.04.2017).
3. Пат. 114471 Российская Федерация, МПК E04B 2/00. Система навесного вентилируемого фасада (варианты) [Электронный ресурс] / Клименков А. И.; заявитель и патентообладатель ООО «Краспан». – № 2011118672/03; заявл. 06.05.2011; опубл. 27.03.2012, Бюл. № 9. – 8 с. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=614ecde3fc2af3b5d6879007739d7ec2. – Дата обращения (30.03.17).
4. Пат. 28149 Российская Федерация, МПК E04F 13/08. Кронштейн крепления навесной панели или несущего каркаса облицовки здания [Электронный ресурс] / Демиденко В. И.; заявитель и патентообладатель Демиденко В. И. – № 2002130333/20; заявл. 14.11.2002; опубл. 10.03.2003, Бюл. № 7. – 1 с. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1490888244742. – Дата обращения (30.03.17).

Белоусова А. А.

Научный руководитель: Актуганов А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

НДС ФАСОНОЧНЫХ УЗЛОВ ФЕРМ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

***Аннотация.** Рассмотрен способ повышения несущей способности ЛСТК.*

***Ключевые слова:** тонкостенные гнутые профили, бесфасоночные фермы, фасонка.*

Одной из основных областей применения тонкостенных гнутых профилей в строительстве является возведение малоэтажных зданий и надстроек уже существующих зданий. Тонкостенные гнутые профили толщиной от 1,5 до 4 мм используются в качестве несущих элементов каркасов производственных и складских зданий с небольшими нагрузками на покрытие и пролетом до 15 м. В таких условиях в большинстве случаев используются бесфасоночные фермы с креплением элементов решетки к поясам самонарезающими винтами (рис. 1).



Рис. 1. Конструкция бесфасоночного узла фермы с креплением на самонарезающих винтах

Широкое применение конструкций из тонкостенных гнутых профилей повышенной жесткости сдерживается низкой несущей способностью узловых соединений, опасностью смятия в местах передачи сосредоточенной нагрузки на профиль.

Однако в конструкциях покрытий пролетом 18 м и более с шагом ферм более 3 м широкого применения ЛСТК не находят.

Это объясняется некоторыми особенностями несущих конструкций их тонкостенных профилей, накладывающими ограничения на область их применения. При передаче нагрузки на тонкостенный элемент возникает опасность местного смятия. Для восприятия значительных усилий в соединениях элементов требуется большое количество самонарезающих винтов, размещение

которых вызывает конструктивные сложности. Учащение решетки фермы и шага прогонов приводит к перерасходу металла.

Повысить несущую способность ЛСТК пролетом более 18 м можно с помощью использования в местах приложения сосредоточенных усилий дополнительных элементов – фасонки, опорных пластин и применением в узловых соединениях болтов нормальной точности взамен самонарезающих винтов.

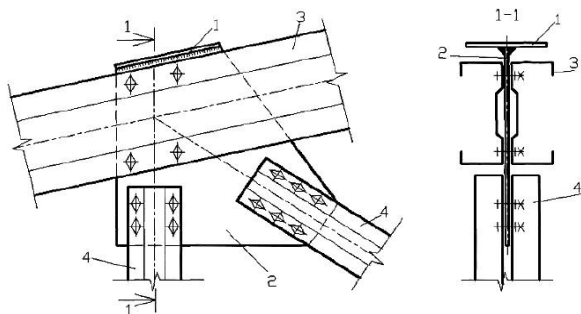


Рис. 2. Конструкция фасоночного узла фермы с креплением на болтах: 1 – горизонтальная пластина; 2 – вертикальная пластина; 3, 4 – С-образные профили

На рис. 2 показано конструктивное решение ферм из профилей С-образного сечения. Узловые соединения выполнены на болтах нормальной точности. Элементы фермы соединяются в узлах через фасонки. Фасонка представляет собой тавровое сечение, в котором вертикальная пластина 2 предназначена для соединения профилей 3, 4 в узле, а горизонтальная 1 – для опирания прогона и передачи усилия в узел без давления на верхние полки профилей. Это сделано с целью устранения возможности местного смятия полок профилей в местах передачи нагрузки.

Потеря несущей способности двухсрезных работающих на растяжение соединений в тонких листах наступает вследствие смятия (превращение круглого отверстия под болт в эллипс) и последующего среза (разрыв между отверстием и краем листа в направлении действующего усилия).

Расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом по смятию соединяемых элементов, определяется по формуле

$$N_{см} = R_{bp} * \gamma_b * \sum t_{min} * d * n, \text{ кг}, \quad (1)$$

где R_{bp} – расчетное сопротивление болта на смятие;

γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения;

$\sum t_{\min}$ – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;

d – наружный диаметр стержня болта;

n – число болтов в соединении.

Расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом на срез, определяется по формуле

$$N_b = R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s, \text{ кг}, \quad (2)$$

где R_{bs} – расчетное сопротивление болта на срез;

A_b – расчетная площадь сечения стержня болта;

n_s – число расчетных срезов одного болта.

Известно, что болтовые соединения обладают некоторой податливостью, которая может оказать влияние на напряженно-деформированное состояние конструкции. Особенно это проявляется в статически неопределимых системах.

С учетом коэффициента податливости болтового соединения в формулах (1) и (2) получим

$$N_{b,cm} = R_{bp} * \gamma_b * \sum t_{\min} * d * n * k_{под,cm}, \text{ кг}, \quad (3)$$

$$N_{b,cp} = R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s * k_{под,cp}, \text{ кг}, \quad (4)$$

где $k_{под,cm}$ – коэффициент податливости на смятие;

$k_{под,cp}$ – коэффициент податливости на срез.

Суммарный коэффициент податливости получим по формуле

$$k_{под} = k_{под,cm} + k_{под,cp}. \quad (5)$$

Литература

1. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* [Текст]. – Введ. 2011-05-20.- М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2011. – 178 с.
2. Ведяков, И. И. Несущая способность болтовых соединений легких конструкций из холодногнутых профилей малых толщин [Электронный ресурс] / И. И. Ведяков, П. Д. Одесский, Д. В. Соловьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 3. – С. 19-22. – Режим доступа: <http://www.pgqs.ru/library/nesushchaya-sposobno/>. – Дата обращения (05.04.2017).
3. Куражова, В. Г. Виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкциях [Текст] / В. Г. Куражова, Т. В. Назмеева // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 3. – С. 47-52.
4. Семенов, А. С. Ферма из холодногнутых профилей повышенной жесткости с болтовыми соединениями: дисс... канд. техн. наук: 05.23.01/ А. С. Семенов. – Липецк, 2009. – 183 с.

Гаязова А. Р.

Научный руководитель: Актуганов А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ КУПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Аннотация. *Представлены способы соединения элементов купольного покрытия из тонкостенных профилей.*

Ключевые слова: *тонкостенные гнутые профили, особенности купольных покрытий, бесфасоночное соединение стержней.*

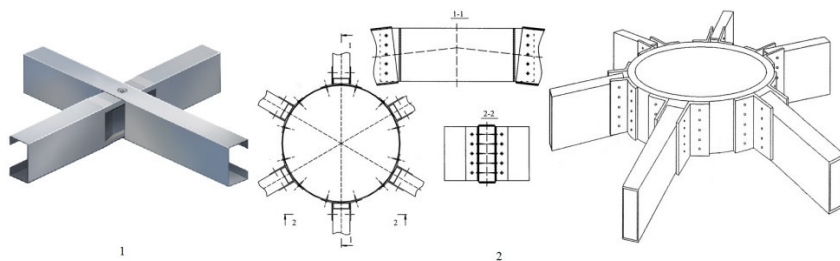
Сегодня в строительстве легких зданий широкое применение находят тонкостенные гнутые профили. Использование таких конструкций позволяет уменьшить расход стали на 15-20% в сравнении с применением сортаментного металлопроката [1].

К отличительным особенностям проектирования конструкций из тонкостенных профилей относятся редуцирование сечения, изменение механических характеристик стали по сечению, наличие остаточных деформаций и геометрических несовершенств формы [2].

Как известно, распределение нагрузок по поверхности купола происходит равномерно, это позволяет изымать элементы из купольной системы без потери прочности и устойчивости, например для устройства проемов для окон и дверей. При проектировании из тонкостенных профилей это преобразуется в еще одну особенность – в начале разработки модели расчета купольной оболочки следует принимать большее количество ребер и кольцевых прогонов (для ребристо-кольцевых куполов) или ячеек (для сетчатых, в частности геодезических куполов) по сравнению с моделями при проектировании из сортаментного металлопроката. Такой прием уменьшает грузовую площадь каждого узла и при последующем уменьшении количества элементов даст более подробную информацию о работе системы в целом.

Соединения тонкостенных профилей имеют свою специфику. Применение сварки при изготовлении и монтаже таких профилей не рекомендуется. Элементы конструкций толщиной до 2 мм соединяют с помощью самонарезающих винтов диаметром 4,8-6,3 мм, при толщине

более 2 мм – на обычных болтах. Для купольной оболочки рационально применять бесфасоночное соединение стержней (рисунок).



Примеры узловых соединений элементов купольного покрытия из тонкостенных профилей: 1 – крестовое соединение; 2 – соединение более четырех стержней (патент РФ 2467133)

Одной из основных черт строительства из тонкостенных профилей являются короткие сроки возведения зданий. Так как вес всех элементов не превышает 100 кг, монтаж возможен без применения грузоподъемной техники. Сейчас при изготовлении тонкостенных профилей на заводах предлагают продукцию с уже подготовленными отверстиями под болты и обжатými краями в местах узловых соединений, что тоже ускоряет процесс строительства.

Сегодня развитие строительства неразрывно связано с разработкой проектов применения экономически эффективных, надежных, технологичных конструкций. Купольные покрытия из тонкостенных гнутых профилей как раз отвечают всем этим запросам современного строительства.

Литература

1. Разработка оптимальной конструкции опоры многогранного сечения для энергетического строительства [Текст] / Л. С. Сабитов, И. Н. Хамидуллин, И. Л. Кузнецов и др. // Энергетика Татарстана: журнал для руководителей и специалистов. – 2015. – №3(39). – С. 46-50.
2. Айрумян, Э. Л. ЛСТК России: стратегия развития остается неизменной [Текст] / Э. Л. Айрумян // СтройПРОФИль. – 2009. – № 8(78). – С. 12-14.
3. Тур, В. И. Исследование узловых соединений металлического купола [Текст] / В. И. Тур, А. В. Тур // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9-1. – С. 75-79.

Гребнев С. А.

Научный руководитель: Акуганов О. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛСТК

***Аннотация.** Представлены области применения ЛСТК в строительстве, рассмотрены вопросы технологии строительства из ЛСТК, в том числе, с учетом зарубежного опыта, затронуты вопросы нормирования проектной деятельности.*

***Ключевые слова:** лёгкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК), каркас, нормы проектирования.*

За последние два десятилетия в России сформировалась новая отрасль строительной индустрии – производство и внедрение легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) из холодногнутых профилей в промышленном и гражданском строительстве. Профили производятся из рулонной оцинкованной стали толщиной от 0,6 до 4,0 мм с пределом текучести от 250 до 350 МПа. Основная область применения ЛСТК – быстровозводимые несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений различного назначения.

В России объем применения ЛСТК в малоэтажном жилищном строительстве с каждым годом увеличивается на 10-12%, хотя составляет не более 5% от общего объема вводимых площадей жилья [1]. Каркас зданий высотой до трех этажей собирается из гнутых оцинкованных профилей толщиной от 0,7 до 1,5 мм. Соединения ЛСТК выполняются с помощью самонарезающих винтов, иногда заклепок. Сварка применяется редко, поскольку сварочные швы требуют защиты от коррозии. В зданиях с каркасом из ЛСТК обычно используется негорючий утеплитель в виде плит на базальтовой основе или эковата. Наружная облицовка выполняется из кирпича, сайдинга или водостойких панелей, внутренняя – из гипсокартона.

Перспективной представляется технология строительства домов из блоков полной заводской готовности с каркасом из ЛСТК. Например, в Швеции распространена технология строительства жилых домов до 6-ти этажей с колоннами из стальных прокатных труб, на которые навешиваются блоки с каркасом из ЛСТК [1].

Здания с каркасом из ЛСТК просты по конструктивным решениям, долговечны и вместе с тем экономически выгодны. Например, индиви-

дуальные и многоквартирные дома с каркасом из ЛСТК, построенные за 2-3 месяца в Московской области, Архангельске, Липецке, Йошкар-Оле, и других областях, свидетельствуют о надежности и экономичности применения ЛСТК в этой сфере строительства (фото).



Трехэтажное здание с каркасом из ЛСТК по адресу:
г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, д. 112

В настоящее время использование ЛСТК на рынке строительных конструкций сталкивается с рядом проблем. Из-за отсутствия чётких норм, случаи применения ЛСТК в строительстве общественных зданий (в частности, детских садов) пока крайне редки. Такие проекты с трудом проходят государственную экспертизу, сильно удлиняется срок сдачи-приёмки зданий. Однако год назад приказом Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 03 декабря 2016 г. №881/пр утвержден свод правил СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутох оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования» [2], что позволит более динамично развивать строительство из ЛСТК в нашей стране.

Литература

1. Айрумян, Э. Л. Перспективы ЛСТК в России / Э. Л. Айрумян, Н. И. Каменщиков, М. А. Липленко // Журнал «СтройПРОФИ». – 2013. – № 1 (10). – С. 31-35.
2. СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутох оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования / Минстрой России. – М.: Стандартинформ, 2016. – 116 с.

Дмитриева К. Р.

Научный руководитель: Поздеев В. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ОБОЙМАМИ

***Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований моделей железобетонных колонн, усиленных металлическими обоймами.*

***Ключевые слова:** усиление железобетонных конструкций, металлические обоймы, напряженно-деформированное состояние.*

При возведении монолитных железобетонных каркасов зданий, при проведении реконструкции строительных объектов возникает необходимость в восстановлении или повышении несущей способности колонн. Усиление сжатых железобетонных элементов производится различными методами, наиболее простым и экономичным из которых по-прежнему остается устройство металлических обойм.

В большинстве имеющихся пособий и рекомендаций по усилению [1] в основном предлагаются конструктивные решения. При проектировании в расчетах предлагается учитывать работу только металлической обоймы как самостоятельной колонны или определять несущую способность усиленных элементов как сумму железобетонного сечения и металлических уголков. Нормативная методика расчета разработана только для усиленных металлической обоймой кирпичных столбов [2]. Для усиленных железобетонных конструкций имеются различные предложения.

Кроме этого, в расчете прочности усиленного элемента необходимо учитывать степень совместной работы элементов усиления с усиливаемой стойкой, а также историю загрузки. То есть к моменту устройства обоймы железобетонная колонна уже может быть загружена до определенного уровня. И конечная несущая способность усиленной колонны может быть снижена.

Целью настоящей работы явилось экспериментально-теоретическое исследование совместной работы под нагрузкой усиливаемой конструкции и элементов усиления, составление предложений по расчету железобетонных конструкций, усиленных металлическими обоймами.

Для составления расчетной схемы усиленных элементов необходима информация о напряженно-деформированном состоянии в процессе загрузки. Необходимые данные можно получить по испытаниям опытных образцов. Информация о таких испытаниях практически отсутствует. В 1981 году опубликованы результаты испытаний, проведенных в НИИЖБе [3], в которых исследовалось влияние совместной работы усиливаемой колонны с металлической облоймой.

На кафедре строительных конструкций и водоснабжения ПГТУ было проведено испытание моделей колонн, усиленных 4-мя уголками, на центральное сжатие. Колонны имели размеры $100 \times 100 \times 400$ мм с армированием 4-мя продольными стержнями $\varnothing 6$ мм класса А400. Усиление осуществлялось металлическими уголками $19 \times 19 \times 1,7$ мм. Для обеспечения совместности работы облоймы и железобетонной колонны, а также получения реальной схемы разрушения верхняя и нижняя зоны образцов имели металлические оголовники.

Схема испытания представлена на рис. 1. Испытание проводилось в прессе П-125.

При испытании измерялись усилие загрузки и продольное деформирование образцов мессурами на основе индикаторов ИЧ-10. Результаты испытаний, построенные по средним значениям измеренных величин, представлены на рис. 2.

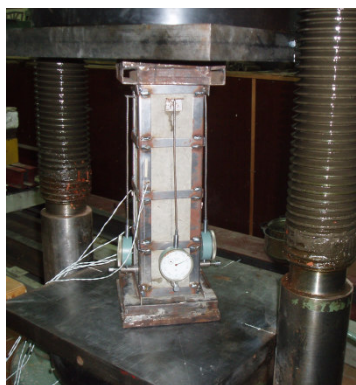


Рис. 1. Испытание модели сжатой усиленной колонны в прессе П-125

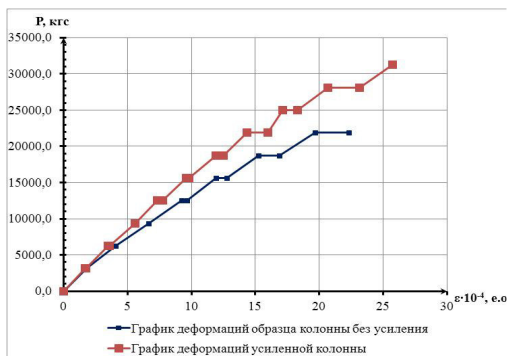


Рис. 2. Графики продольного деформирования испытанных образцов

Загрузка проводилась этапами по 10% от разрушающей нагрузки. После приложении доли нагрузки на этапе проводилась выдержка по 15 мин.

Предельная нагрузка для колонн без усиления составила 24750 кгс, для колонн с усилением 31500 кгс. То есть повышение несущей способности за счет усиления составило в 1,27 раза.

Разрушение усиленного образца произошло после достижения предельной прочности железобетонной колонны. Нагрузка перераспределлась на элементы усиления. Разрушение уголков обоймы произошло от потери устойчивости ветви усиления в пределах между поперечными соединительными планками.

Графики продольных деформаций обычных и усиленных образцов по характеру одинаковы. Деформации в обойме зафиксированы с начала загрузки, что свидетельствует о совместной работе ее и колонны. В обычных образцах удалось зафиксировать предельные относительные деформации бетона, равные 0,0023 е. о. д., в усиленных – 0,0026 е. о. д. График деформаций свидетельствует о том, что с возрастанием нагрузки доля усилия, воспринимаемая металлической обоймой, возрастала практически линейно. При высоких уровнях загрузки (более 60%) проявлялась нелинейность.

Поперечные металлические планки практически до разрушения испытывали незначительное сжатие, и лишь на последних этапах загрузки в них зафиксированы деформации растяжения.

Результаты испытания показали, что при обеспечении совместной работы колонны и элементов усиления обойма эффективно воспринимает свою часть нагрузки. Увеличение несущей способности усиленного элемента зависит от размеров металлических уголков усиления.

Общая прочность усиленного образца определяется конечной прочностью колонны и устойчивостью ветви усиления в пределах между металлическими поперечными планками.

Литература

1. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений [Текст] / НИИСК. – М.: Стройиздат, 1989. – 104 с.
2. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) [Текст] / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 150 с.
3. Мизернюк, Б. Н. Некоторые требования к проектированию элементов железобетонных конструкций на основе изучения дефектов эксплуатируемых сооружений [Текст] / Б. Н. Мизернюк // Анализ аварий и повреждений железобетонных конструкций: сб. науч. трудов. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1981. – С. 4-50.

Домрачев Т. Б., Иванов Д. А., Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОЦЕНКА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ДЛИННОЙ КРУГОВОЙ ТОНКОСТЕННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ

Аннотация. Поставлен и проведен эксперимент по определению прогибов в длинной тонкостенной цилиндрической оболочке открытого профиля при осесимметричной нагрузке. Выполнено численное моделирование перемещений при сосредоточенной силе или распределённой нагрузке в вертикальной плоскости на основе МКЭ. Сопоставление результатов натурного и вычислительного экспериментов показало хорошую сходимость результатов.

Ключевые слова: цилиндрические оболочки, деформирование, МКЭ.

Среди строительных конструкций широко распространены тонкостенные криволинейные пространственные конструкции-оболочки (рис. 1), обладающие существенными преимуществами по сравнению с плоскими пластинками [1]. Поэтому тема работы представляется достаточно актуальной.

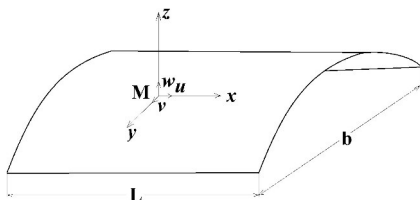


Рис. 1. Цилиндрическая оболочка открытого профиля

Целью данной работы является экспериментальная оценка прогибов в длинной тонкостенной круговой цилиндрической оболочке, сравнение величины перемещений с результатами, полученными различными аналитическими и численными методами.

В соответствии с целью поставлены следующие задачи исследования:

- 1) проведение эксперимента по определению прогибов в цилиндрической оболочке открытого профиля при радиальном нагружении в главной плоскости инерции сосредоточенной силой или распределенной нагрузкой;
- 2) проведение расчетов по определению перемещений точек оболочки различными методами;
- 3) сопоставление результатов эксперимента и расчетов.

Для проведения эксперимента использованы стальная длинная тонкостенная цилиндрическая оболочка открытого профиля (рис. 1), опорная конструкция из массива дерева, индикатор часового типа, штатив, набор грузов.

В соответствии с подготовленной методикой эксперимента прогиб определялся с помощью индикаторов часового типа в двух точках: посередине и на четверти длины от торца. Нагрузка в виде сосредоточенной силы посередине или распределенной силы прикладывалась в вертикальной плоскости, радиально, осесимметрично. Ступенчатое нагружение шагом 1 кгс проводилось как минимум трижды для достоверности результатов.

Оценка результатов эксперимента проводилась путем сопоставления данных с результатами численных решений МКЭ в программном комплексе ЛИРА [2] (рис. 2, 3).

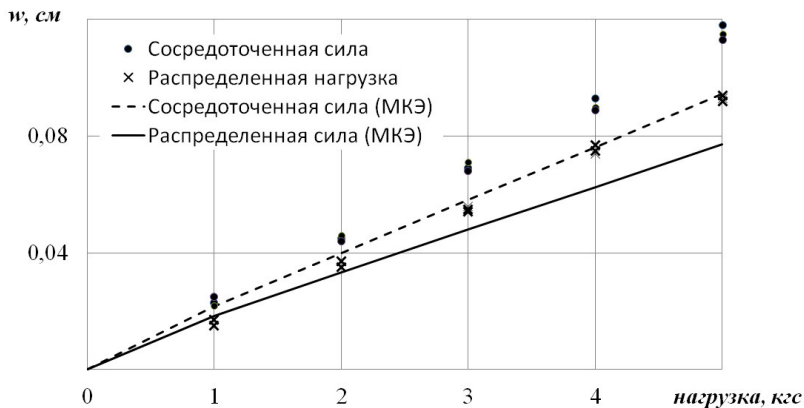


Рис. 2. Прогибы средней точки оболочки

В результате установлено:

1. деформирование оболочки в указанном диапазоне нагружения носит линейный характер;

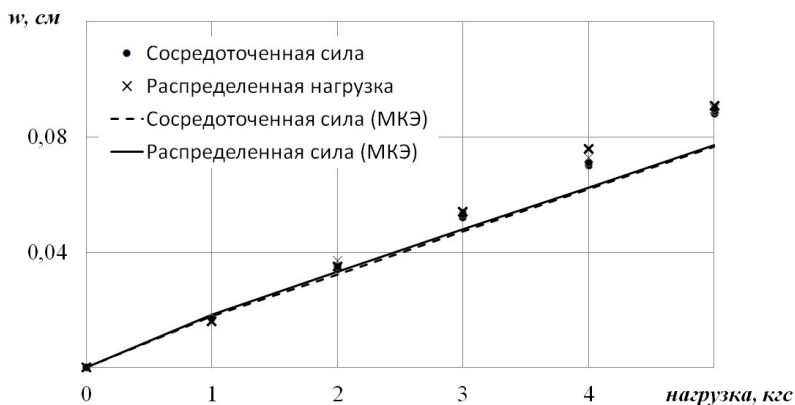


Рис. 3. Прогибы на четверти длины от торца оболочки

2. в целом расчет МКЭ дает более низкие значения прогибов;
3. краевой эффект на значительном расстоянии от места приложения сосредоточенной силы практически не влияет на перемещения;
4. рассмотренный метод расчета перемещений по сравнению с экспериментом дает достаточно высокую погрешность (от 4 до 18 %). Очевидно, это происходит вследствие несовершенства физической модели. Оболочка имеет в определенных пределах разнотолщинность и неоднородность свойств. Есть несовершенство условий закрепления: условия по одной стороне могут отличаться от других. Опорная конструкция не достаточно жесткая и твердая. Возможно, кромки могут искривляться в плоскости опорного контура, т. е. частично ведут себя как при свободном опирании.

Литература

1. Тимошенко, С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. М. Войновский-Кригер. – М.: Физматгиз, 2009. – 640 с.
2. Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – Киев: Факт, 2009. – 344 с.

Зайцев Д. С.

Научный руководитель: Соловьев Н. П., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ БЕЗБАЛОЧНЫХ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

***Аннотация.** Предложен вариант конструирования сборно-монолитного железобетонного каркаса со скрытым ригелем.*

***Ключевые слова:** скрытый ригель, железобетон, каркасная система, сборно-монолитный железобетон.*

Строительство гражданских зданий для конкретного потребителя повлекло за собой существенное ужесточение и соответственно изменение существующих подходов к конструктивным требованиям зданий массового назначения. К таким подходам, в первую очередь, следует отнести обеспечение индивидуального, свободного и трансформируемого по желанию потребителя объемно-планировочного решения здания. Вместе с тем современный комфорт и удобство нахождения и проживания людей в таких домах должны сочетаться с минимальными затратами на их строительство и эксплуатацию, которые не могут быть решены без требований унификации и стандартизации конструируемых решений многоэтажных жилых, общественных и административных зданий.

Одним из действенных направлений в сокращении материалоемкости междуэтажных перекрытий, как и всего здания в целом, является применение статически неопределимых конструкций, которое способно уменьшить до 2-х раз усилия в наиболее нагруженных сечениях элементов конструкций, что снизит расход арматурной стали и бетона на 30...40%, последнее существенно снижает энерго- и трудозатраты на возведение.

Наиболее значимой частью многоэтажных зданий являются междуэтажные перекрытия, которые в большей степени и определяют конструктивные решения зданий и его стоимость. Перекрытия зданий бывают балочные и безбалочные в сборном, монолитном или сборно-монолитном исполнении.

Обобщая все сказанное выше, можно сформулировать главные требования к конструктивным системам междуэтажные перекрытий, они должны:

- 1) представлять практически неограниченные возможности объемно-планировочного построения и формообразования здания;
- 2) иметь минимальное материало- и энергопотребление на возведение здания и на этой основе обеспечивать минимальную стоимость их строительства, максимально использовать имеющуюся местную сырьевую и производственную базу;
- 3) обеспечивать высокий темп возведения зданий, всепогодность строительства при минимальных затратах на строительство в зимних условиях.

С позиции этих требований авторы тезисов предлагают новое решение междуэтажного перекрытия в сборно-монолитном исполнении. На рис. 1 и 2 представлены схемы элементов ж/б каркаса со скрытым ригелем.

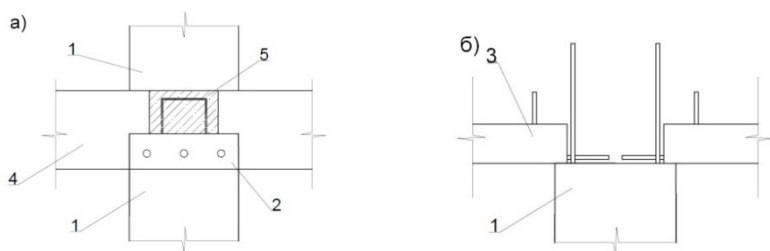


Рис. 1. Схемы опирания элементов каркаса.

- а) схема опирания многопустотной плиты на несущий ригель; б) схема опирания связевого ригеля на колонну: 1 – колонна, 2 – несущий сборный ригель, 3 – связевой сборный ригель, 4 – многопустотная плита перекрытия, 5 – бетон

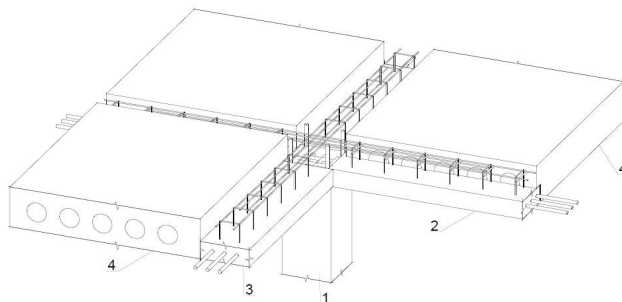


Рис. 2. Сборно-монолитный стык

Конструктивной особенностью сборно-монолитных многоэтажных зданий является пространственная несущая система из сборно-монолитных рам с жесткими узлами и панельных железобетонных элементов перекрытий, взаимосвязанных между собой монолитным бетоном. Несущие и связевые ригели сборно-монолитных рам имеют выступающие кверху хомуты и открыто расположенную продольную рабочую арматуру (в несущем скрытом ригеле – предварительно напряженная арматура, в связевом ригеле – арматура без предварительного напряжения). По верху полок несущих скрытых ригелей уложены многопустотные панели с выступающей по торцам рабочей арматурой. Для обеспечения ровной нижней поверхности междуэтажного перекрытия в опорных зонах многопустотных панелей выполнены подрезки. После монтажа сборных элементов, укладки и сварки (вязки) опорной продольной арматуры ригелей, зазоры между торцами ригелей и колонной, а также между ригелем и панелями перекрытия заполняют бетоном, чем достигается создание жесткого пространственного остова многоэтажного здания.

Экономический эффект в использовании предварительно напряженного тонкостенного железобетонного элемента достигается за счет применения высокопрочной арматуры, т. е. снижается расход арматуры по сравнению с обычным железобетоном. Технический эффект заключается в повышении трещиностойкости и жесткости сборно-монолитного перекрытия, коррозионной стойкости и долговечности.

Литература

1. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
2. Патент РФ № 2357049, 27.05.2009. Минаков Ю. А., Соколов Б. С., Лазарев А. И., Титов А. Н. Железобетонный каркас здания со сборно-монолитным скрытым ригелем // Патент России № 2357049. E04B1/20.
3. Патент РФ № 2226593, 10.04.2004. Мордич А. И., Кучихин С. Н., Белевич В. Н., Симбиркин В. Н. Железобетонный сборно-монолитный каркас многоэтажного здания // Патент России № 2226593.

Иванов М. Ю., Порфирьева Е. Н.

Научный руководитель: Плотников А. Н., канд. техн. наук, доцент
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИСПЫТАНИЕ НАГРУЖЕНИЕМ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА, ОПЕРТОЙ ПО КОНТУРУ

Аннотация. Плиты перекрытия, опертые по контуру, традиционно используются в строительстве. Для снижения их стоимости предлагается применять конструкционный керамзитобетон. Приведены результаты испытаний и моделирования таких плит. Несущая способность соответствует проектной, прогибы и ширина раскрытия трещин не превышают предельно допустимых.

Ключевые слова: несущая способность, керамзитобетон, деформации, прочность, прогиб, трещиностойкость, тензометр, мессура.

Целью данной работы является исследование плит перекрытий из керамзитобетона, определение их несущей способности, изготовленной из конструкционного керамзитобетона с объемным весом 1600 кг/м^3 , ослабленной проемами под инженерные коммуникации и электроразводки.

Для изучения этого вопроса были поставлены основные задачи:

1. испытание нагружением плиты перекрытия ЗП1-16ш-01.А (материал – керамзитобетон);
2. моделирование и расчет аналогичной плиты перекрытия в программном комплексе «ЛИРА-САПР 2013»;
3. сравнение результатов.

ООО «СУОР» на Новочебоксарском ДСК была выпущена плита перекрытия с размерами $3,18 \times 5,73 \text{ м}$ и толщиной 160 мм .

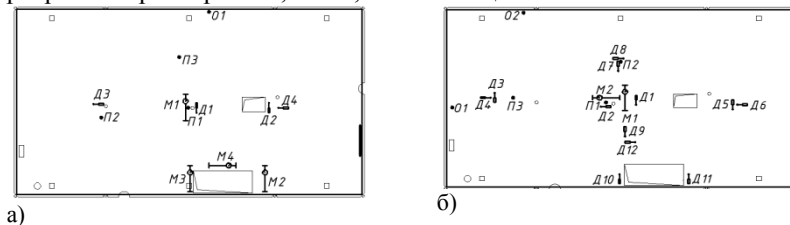


Рис. 1. Схема расположения приборов при 1-ом испытании (а),
при 2-ом испытании (б)

Были изображены на одном поле соответствующие графики по испытаниям.

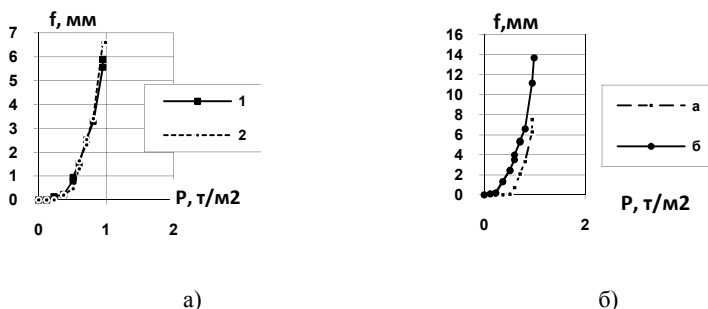


Рис. 2. График прогибов: 1 – П2 для 1-ого испытания, 2 – П3 для 2-ого испытания (а); а – для П3 для 1-ого испытания, б – П2 для 2-ого испытания (б)

По полученным графикам видим, что прогибы незначительно отличаются друг от друга. При этом максимальный прогиб составил 16,61 мм, что значительно ниже предельно допустимой, равной 18,7 мм.

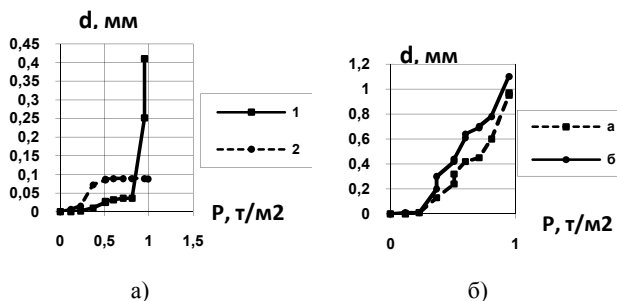


Рис. 3. График деформаций по тензOMETрам: 1 – Д1 для 1-ого испытания, 2 – Д1 для 2-ого испытания (а); по мессуре: а – для М1 для 1-ого испытания, б – М1 для 2-ого испытания (б)

Значительное отклонение имеет график по тензOMETрам Д1. Для изгибаемых плит, особенно из керамзитобетона, имеет место большее растяжение, чем по боковым поверхностям балок.

Предельные деформации, соответствующие образованию трещин, были преодолены на 3 степени. При 1-ом испытании по мессуре М1 составили 0,13 мм, а во 2-ом испытании составили 0,20 мм и начали образовываться трещины. На 8-ой степени достигли до 1,10 мм при ширине раскрытия трещин 0,6 мм, что превысили величину трещин при наступлении пластического разрушения.

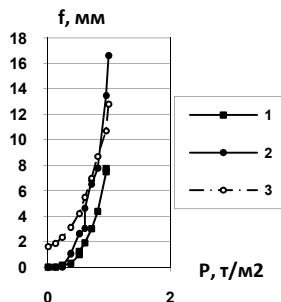


Рис. 4. График прогибов: 1 – П1 для 1-ого испытания,
2 – П1 для 2-ого испытания, 3 – для загружений в Лире САПР 2013

Разница между прогибами испытанной и смоделированной плитой составила приблизительно 4 мм. Это связано с тем, что происходила осадка самих опор при испытании плиты.

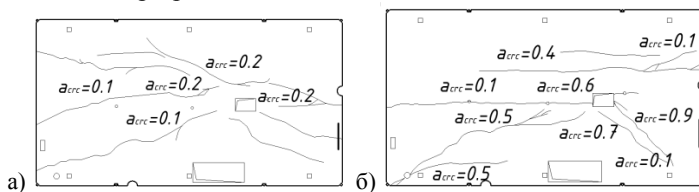


Рис. 5. Развитие трещин и их величина раскрытия

Выводы.

Несущая способность, геометрические параметры и прочность материалов испытываемой конструкции соответствуют проектным.

Достигнутый при контрольной нагрузке $0,51 \text{ тс/м}^2$ прогиб составил 1,25 мм, что ниже предельно допустимого, равного 4,3 мм.

При контрольной нагрузке $0,51 \text{ тс/м}^2$ ширина трещин составила 0,4 мм у края. В середине пролета трещины достигли значения 0,1 мм.

Плита перекрытия 3П1-16ш-01.А обладает достаточной прочностью и трещиностойкостью при применении в зданиях до 10 этажей.

Литература

1. Рекомендации по расчету и конструированию сборных сплошных плит перекрытий жилых и общественных зданий. – М.: ЦНИИЭП жилища, 2005.
2. Зырянов, В. С. Пространственная работа железобетонных плит, опертых по контуру / В. С. Зырянов. – М.: ЦНИИЭП жилища, 2002. – 108 с.

Калинин Д. И., Сабанцев Ф. А.

Научный руководитель: Поздеев В. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АРМОБЕТОННОЙ БАЛКИ С КОМПОЗИТНЫМ АРМИРОВАНИЕМ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ

***Аннотация.** Приведены результаты испытаний армобетонной балки, армированной базальтопластиковой арматурой, на действие длительной нагрузки.*

***Ключевые слова:** композитная арматура, длительная нагрузка, длительная прочность, ползучесть.*

Одним из основных достоинств современной композитной арматуры является высокая прочность. Однако с течением времени при действии нагрузки прочность неметаллической арматуры снижается вследствие особого строения композитов, составляющих арматурные стержни. АКП (арматура композитная полимерная) – полимерный материал, состоящий из пучка нитей базальтовых, стеклопластиковых или других армирующих волокон, связанных склеивающим материалом. С течением времени в такой арматуре развиваются усталостные повреждения волокон, микротрещины в матрице, расслаивание, разрывы связующих волокон и т. д. Все это вызывает снижение начального предела прочности АКП весьма значительно. Данная особенность отражена в нормах по проектированию бетонных конструкций, армированных полимеркомпозитной арматурой, в которых предлагаются коэффициенты снижения длительной прочности арматурных стержней [1].

Особенностей расчета изгибаемых элементов по второй группе предельных состояний в части учета длительности действия нагрузки в нормах не приводится. Ряд исследователей указывают, что такие особенности имеются [2].

Целью настоящего экспериментального исследования является выявление особенностей деформирования и прочности изгибаемых армобетонных элементов, армированных базальтопластиковой арматурой, при длительном действии нагрузки. План эксперимента предполагал годичный мониторинг опытной балки.

В процессе работы решалась следующая задача: выявлялся характер развития прогибов, трещинообразования при действии длительной нагрузки.

Характеристика опытной балки, методика и ход выполнения экспериментального исследования представлены в работе [3].

По прошествии года с начала испытаний, на протяжении которого балка была непрерывно нагружена и продолжалось нарастание прогибов, было проведено догружение балки до её полного разрушения.

На рис. 1 представлен график зависимости прогибов от нагрузки на всем протяжении эксперимента.

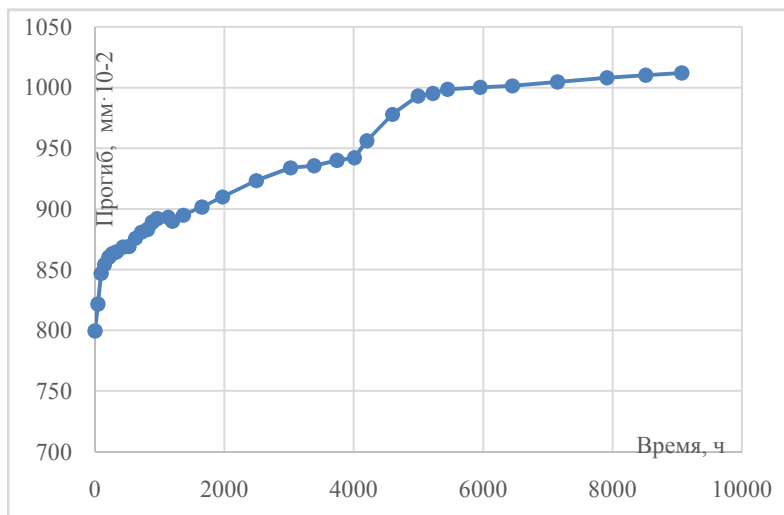


Рис. 1. График зависимости прогиб – время с начала эксперимента

Разрушение балки произошло под суммарной нагрузкой массой 1 тн.

В итоге, при критической нагрузке конструкция перестала работать как армобетонная балка за счет того, что контакт арматуры с бетоном был потерян по большей части длины балки. Произошло отделение кусков бетона вдоль арматуры от массива, разрушение защитного слоя арматуры, всестороннее оголение арматуры. Один из арматурных стержней был пластически растянут под нагрузкой. При этом не произошло продергивания арматурных стержней, т. е. вблизи опорных сечений сцепление арматуры с бетоном было достаточным даже при критической нагрузке. На рис. 2 показан вид разрушенной балки.



Рис. 2. Испытательный стенд с разрушенной балкой

Выводы. 1) В ходе эксперимента установлено, что прирост прогибов армобетонной балки за весь период составил 26,5% от первоначального значения, прогибы нарастали непрерывно. Стабилизации прогибов не произошло. 2) Так как фактическая длительная нагрузка составила 32% от разрушающей нагрузки, прирост прогибов происходил за счет пластических свойств композитной арматуры. То есть основное отличие композитной арматуры от металлической заключается в подверженности этой арматуры ползучести. Это явление необходимо учитывать при проектировании армобетонных изгибаемых элементов при расчетах по второй группе предельных состояний.

Литература

1. Изменение №1 СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [Текст]. – М.: Министерство регионального развития Российской Федерации: ФСЦ, 2014. – 53 с.
2. Антаков, А. Б. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с полимеркомпозитной арматурой при длительном приложении нагрузки [Текст] / А. Б. Антаков, И. А. Антаков // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции: мат-лы IX Всеросс. (III междунар.) конфер. – Чебоксары: ЧГУ, 2016. – С. 67-72.
3. Калинин, Д. И. Экспериментальное исследование армобетонной балки с композитным армированием при длительном действии нагрузки [Текст] / Д. И. Калинин, Ф. А. Сабанцев // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI международной молодеж. науч. конф-ции по естественнонаучным и техническим дисциплинам в 4 ч. – Ч. 4. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 47-49. УДК 69.07

Козлов И. Е.

Научный руководитель: Акуганов О. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЛСТК НА ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЁПКАХ

Аннотация. Представлены достоинства клёпанных соединений на односторонних вытяжных заклёпках, особенности соединений на заклёпках для ЛСТК, технология клёпки ЛСТК. Поставлена задача для численно-аналитических исследований и стендовых испытаний.

Ключевые слова: лёгкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК), металлический профиль, соединение, вытяжная заклёпка, технология клёпки, замыкающая головка.

Использование заклёпки в качестве крепежного инструмента известно уже более 2500 лет, начиная от соединения частей бронзовых доспехов древней Греции и завершая стальными конструкциями башен, мостов и промышленных объектов современной эпохи.

Правильно подобранная заклёпка выдерживает нагрузку не хуже сварочного соединения, обладая при этом рядом преимуществ. Применение заклёпок исключает изменение структуры металла, коробление конструкции, позволяет соединять разнородные металлы, противодействует вибрационным и ударным нагрузкам. Значительные трудозатраты и повышенный расход металла на выполнение заклёпочных соединений можно частично уменьшить за счет применения односторонних пустотелых и полупустотелых заклёпок. Односторонние вытяжные заклёпки не требуют доступа с обеих сторон скрепляемой конструкции и все шире применяются при изготовлении стальных строительных конструкций из ЛСТК.

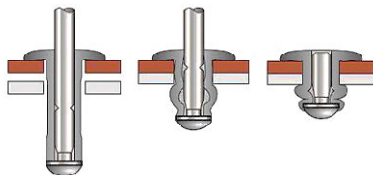
Гнутые металлические профили изготавливаются методом холодной гибки в валиках листогибочной машины или на линиях автоматизированного профилирования. Качество материала, а именно тонколистовой оцинкованной стали, регламентируется в РФ согласно ГОСТ 14918-80 (толщиной до 2,5 мм) и ГОСТ Р 52246-2004 (толщиной до 4 мм). Испытание стандартных образцов стали производится по методике ГОСТ 11701-84 и ГОСТ 1497-84.

Помимо свойств материала конструкций и материала заклёпки на работу соединений ЛСТК влияет также качественный монтаж. При ус-

тановке вытяжных заклёпок существенную роль играет качество выполнения отверстий и применение соответствующего инструмента [1]. Так, при применении головок заклёпочного инструмента, не предназначенных для установки усиленных заклёпок, сердечник вытяжной заклёпки не откусывается, а протягивается сквозь гильзу.

Технология клёпки ЛСТК выполняется в следующем порядке:

1. линию, по которой будет осуществляться установка заклёпочного соединения, размечают точками под сверловку отверстий в соединяемом металле;
2. листы металла фиксируют с помощью механических приспособлений типа струбцин. Выполняют сверление крайних точек установки крепежа, в которые вставляют центрирующие металлические штифты. При этом диаметр отверстий выбирают в соответствии с рекомендациями ГОСТ 10299-80 примерно на 10% больше диаметра тела хвостовика.
3. в просверленное отверстие вставляется метиз таким образом, чтобы замыкающая головка находилась с обратной стороны соединяемой поверхности. Осадка склёпываемых деталей для плотного примыкания их друг к другу и к замыкающей головке заклёпки с окончательным формированием замыкающей головки обжимкой завершают процесс образования клёпаного соединения.



Формирование соединения на вытяжной заклёпке

Применение стальных вытяжных заклёпок для соединения элементов ЛСТК представляется весьма перспективным как с точки зрения обеспечения надежности и длительной эксплуатации конструкций, так и снижения трудоемкости и металлоемкости формирования узловых соединений. Определение ограничений использования вытяжных заклёпок в ЛСТК с учетом обобщения накопленного опыта применения и проведения численно-аналитических исследований, стендовых испытаний является не менее важной задачей. Итогом исследовательской работы становится повышение надежности и безаварийная эксплуатация соединений ЛСТК.

Литература

1. Катранов, И. Г. Вытяжные заклёпки в узлах соединений легких стальных тонкостенных конструкций / И. Г. Катранов, Ю. С. Кунин // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – №3. – С. 48-50.

2. Москалев, Н. С. Металлические конструкции: учебное пособие для вузов / Н. С. Москалев, Я. А. Пронозин. – М.: АСВ, 2008. – 28 с.

УДК 624.15

Москвина О. С.

Научный руководитель: Мирошин А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ИНЖЕНЕРНОГО РЕШЕНИЯ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

***Аннотация.** Представлены итоги конструктивных и экономических расчетов, а также график сметной стоимости строительства по трем видам фундаментов.*

***Ключевые слова:** фундамент мелкого заложения, сметная стоимость строительства.*

Цель работы – разработка наиболее эффективных инженерных и технологических решений по возведению фундаментов мелкого заложения.

После того, как были изучены виды фундаментов мелкого заложения для данной геологии и сделаны конструктивные расчеты, были проведены исследования по определению самого оптимального варианта фундамента мелкого заложения путем экономических расчетов для определения самого экономного типа фундамента.

Для начала был сделан расчет объемов бетона трех фундаментов:

1. объем фундамента на естественном основании составил $V = 5,211 \text{ м}^3$;
2. объем фундамента на песчаной подушке составил $V = 2,985 \text{ м}^3$;
3. объем фундамента в вытрамбованном котловане составил $V = 0,67 \text{ м}^3$.

Зависимость объемов земляных работ и объемов бетона по трем видам фундаментов можно увидеть на рис. 1.

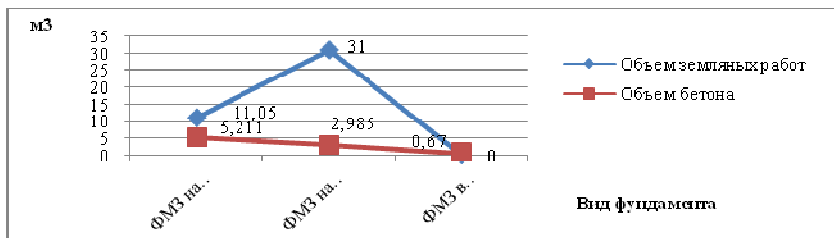


Рис. 1. Зависимость объемов земляных работ и объемов бетона

После расчетов необходимых объемов были составлены три ведомости объемов работ: 1) на естественном основании; 2) на песчаной подушке; 3) в вытрамбованном котловане.

После чего составили три сметы. Сметы составлялись в сметной программе «Арос» на один фундамент.

Самое главное – это узнать сметную стоимость строительства.

Сметная стоимость строительства (объем капитальных вложений) – предприятий, зданий и сооружений – сумма денежных средств, необходимых заказчику для строительства объекта в соответствии с проектными материалами [1].

По смете фундамента мелкого заложения на естественном основании сметная стоимость работ составила 6 854 руб., средства на оплату труда – 449 руб., трудоемкость работ – 53 чел. час.

По смете фундамента мелкого заложения на песчаной подушке сметная стоимость работ составила 5 189 руб., средства на оплату труда – 433 руб., трудоемкость работ – 52,33 чел. час.

По смете фундамента мелкого заложения в вытрамбованном котловане сметная стоимость работ составила 3 794 руб., средства на оплату труда – 239 руб., трудоемкость работ – 25,22 чел. час.

Сметная стоимость строительных и монтажных работ ($C_{смп}$) по экономическому содержанию в основном состоит из прямых затрат (ПЗ), накладных расходов (НР) и сметной прибыли (СП).

Сметная прибыль – это нормативная (гарантированная) прибыль подрядной организации в составе цены строительной продукции, идущая в основном на развитие производственной базы и социальной сферы подрядчика [1].

На естественном основании ПЗ составляют 6 219 руб., НР – 408 руб., СП – 227 руб. На песчаной подушке ПЗ составляют 4 479 руб., НР – 446 руб., СП – 264 руб. В вытрамбованном котловане ПЗ составляют 3 091 руб., НР – 436 руб., СП – 267 руб.

Зависимость стоимости земляных работ и стоимости бетона можно увидеть на рис. 2.

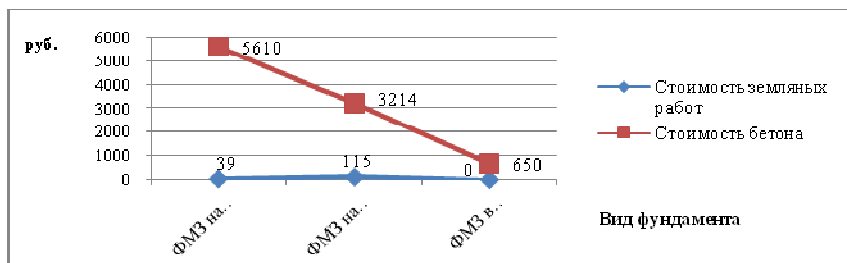


Рис. 2. Зависимость стоимости земляных работ и стоимости бетона

По рис. 3 видно, что самый выгодный фундамент – это фундамент в вытрамбованном котловане.

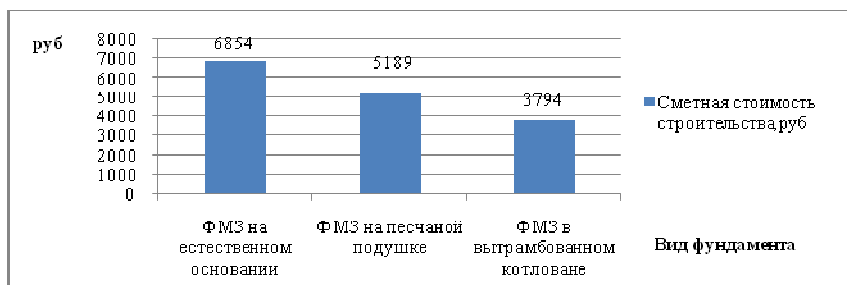


Рис. 3. Сметная стоимость строительства трех видов фундаментов

После изучения и сравнения трех видов фундаментов мелкого заложения на экономическом уровне было принято решение: для четырех-этажного административного здания выбрать фундаменты в вытрамбованном котловане.

Литература

1. Буданова, Л. М. Определение сметной стоимости строительства инженерного сооружения: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / Л. М. Буданова. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2011. – 84 с.

Напольских А. А.

Научный руководитель: Мирошин А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

***Аннотация.** Приведены итоги конструктивных и экономических расчетов по четырем видам фундамента.*

***Ключевые слова:** фундамент мелкого заложения, свайный фундамент, фундамент в вытрамбованном котловане.*

Значительная часть территории Российской Федерации находится в зоне сложной геологической обстановки. Фактор потребности подробного изучения проблемы налицо. В связи с этим уделено внимание технологическим и конструктивным решениям устройства фундаментов в условиях сложного геологического напластования.

Варианты проектных решений, а именно: фундамент мелкого заложения на естественном и искусственном основании, свайный буронабивной фундамент и фундамент в вытрамбованном котловане – рассчитывались с одинаковой степенью проработки, на одинаковую нагрузку для одних и тех же грунтовых условий, основывались на полноценные данные инженерно-геологических изысканий.

Анализ результатов расчета выявил ряд особенностей. Так, конструкция фундамента мелкого заложения на естественном основании опирается на суглинок, размеры подошвы фундамента в плане 3,0х3,0 м. Второй вариант – фундамент мелкого заложения на песчаной подушке. Использование искусственного основания помогло улучшить работу грунтов, повысить несущую способность и уменьшить размеры фундамента в плане. При высоте песчаной подушки 1150 мм размеры фундамента в плане составили 1800х1800 мм. Толщина подушки назначена из соображения, что давление, передаваемое на подстилающий слой, не превышает расчетного сопротивления. Свайный буронабивной фундамент запроектирован под отдельную колонну кустом из четырех свай, диаметр каждой сваи – 800 мм, высота сваи – 4900 мм. Для устройства фундамента в вытрамбованном котловане взята форма трамбовки – усеченная пирамида, позволяющая повысить эффективность вытрамбовывания за счет снижения энергоемкости погружения и извлечения трамбовки. Проектирование данного типа фундамента велось с уширением ос-

нования путем втрамбовывания в дно каждого отдельного фундамента порций щебня в количестве 2 м^3 . Размеры фундамента составили $500 \times 500 \text{ мм}$ по низу, $900 \times 900 \text{ мм}$ по верху. Высота фундамента 2600 мм . За последние несколько лет тип получил широкое применение, так как вокруг котлована и под ним образуется уплотненная зона, снижающая просадочные свойства грунта.

Выбор того или иного типа фундамента возможен только после оценки технико-экономических показателей каждого варианта.

При сравнении натуральных и стоимостных характеристик выбирается вариант с наименьшей трудоемкостью, денежными затратами и расходами материалов.

На рис. 1 приведена зависимость объема бетона под фундамент всего здания. Объем бетона для одного фундамента:

№1 – мелкого заложения на естественном основании – $V = 5,3 \text{ м}^3$;

№2 – мелкого заложения на песчаной подушке – $V = 2,8 \text{ м}^3$;

№3 – свайный буронабивной $V = 13,8 \text{ м}^3$;

№4 – в вытрамбованном котловане $V = 1,3 \text{ м}^3$.

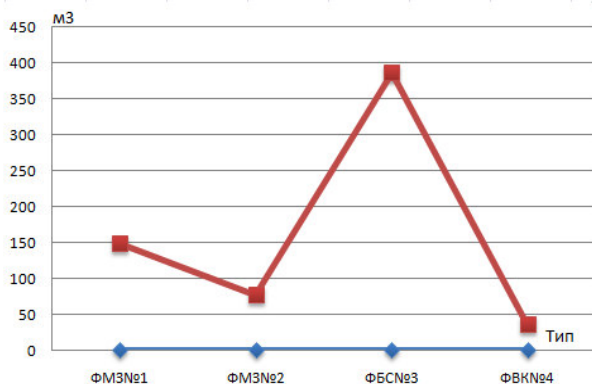


Рис. 1. Зависимость объемов бетона под фундамент всего здания

Стоимостные показатели отражает локальный сметный расчет, составленный для одного фундамента в сметной программе «Адепт».

Локальные сметы являются первичными сметными документами и составляются на отдельные виды работ и затрат по зданиям и сооружениям на основе объемов, определившихся при разработке рабочей документации или рабочих чертежей.

Стоимость по смете:

– для фундамента мелкого заложения на естественном основании составила 50,493 тыс. руб., средства на оплату труда – 4800 руб., трудозатраты – 36,4 чел.-час.

– для фундамента мелкого заложения на песчаной подушке составила 51,779 тыс руб., средства на оплату труда – 7618 руб., трудозатраты – 58,8 чел.-час.

– для свайного фундамента сметная стоимость работ составила 162,459 тыс руб., средства на оплату труда – 18128 руб., трудозатраты – 120,5 чел.-час

– в вытрамбованном котловане сметная стоимость работ составила 46,944 тыс. руб., средства на оплату труда – 6090 руб., трудозатраты – 40,2 чел.-час.

Зависимость сметной стоимости представлена на рис. 2.

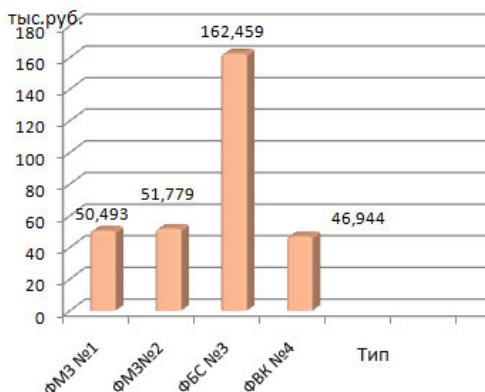


Рис. 2. Зависимость сметной стоимости по вариантам

По итогам расчета можно сделать вывод, что самый выгодный в экономическом плане фундамент в вытрамбованном котловане.

Литература

1. Буданова, Л. М. Определение сметной стоимости строительства инженерного сооружения: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / Л. М. Буданова. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2011. – 84 с.
2. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений [Электронный ресурс]: актуализир. ред. СНиП 02-01-83*. – Действ. с 01.03.2004 г. – Москва: ГУП ЦПП, 2004. – Доступ из справ. поиск. системы «Техэксперт».

Орлова А. С.

Научный руководитель Хабибулин С. Ю., ст. преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

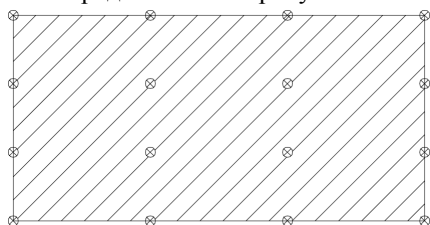
ВЫБОР МОДЕЛИ ГРУНТА ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ SCAD, LIRA SAPR, PLAXIS 3D

Аннотация. Рассмотрено определение и сравнение значений осадок плиты на упругом основании, полученных по результатам применения методики по СП 22.13330.2011 с осадками, полученными по результатам применения различных моделей грунтов, реализованных в программных комплексах SCAD Кросс, Lira SAPR 2013, Plaxis 3d.

Ключевые слова: СП 22.13330.2011, SCAD, Lira, Plaxis 3d, модель Пастернака, модель линейно деформируемого полупространства, модель упругопластичной среды.

Рассмотрим представленные модели грунтов на примере расчета плиты размерами 12х24х0,5 м с характеристиками $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$, $E = 30000 \text{ МПа}$, $\nu = 0,2$. На плиту прикладывались четыре сочетания нагрузок: 140,3, 168,1, 190,3 и 218,1 кПа. Характеристики грунта: суглинок $\gamma = 19,2 \text{ кН/м}^3$, $c = 15 \text{ кПа}$, $\phi = 25^\circ$, $E = 15 \text{ МПа}$, $\nu = 0,35$, мощность слоя 24 м.

Схема нагружения представлена на рисунке.



⊗ Сосредоточенная сила - Р

▨ Равномернораспределенная нагрузка - q

Схема нагружения плиты

Осредненные значения нагрузок определялись по формуле:

$$p = q + \frac{P}{24 \cdot 12} + q_{\text{вес.плит}}, \text{ где}$$

$q_1 = 100 \text{ кПа}, P_1 = 500 \text{ кН}; q_2 = 100 \text{ кПа}, P_2 = 1000 \text{ кН};$
 $q_3 = 150 \text{ кПа}, P_3 = 500 \text{ кН}; q_4 = 150 \text{ кПа}, P_4 = 1000 \text{ кН};$

Значения осадок по результатам расчетов

Модель грунта	Нагрузка на плиту, кПа							
	140,3		168,1		190,3		218,1	
	Осадка, см							
Аналитическое решение по СП 22.13330.2011	Средняя							
	4,55		5,85		6,49		7,59	
Численные решения	min	max	min	max	min	max	min	max
SCAD Office 21.1 Кросс	3,83	4,94	5,47	6,51	6,03	8,16	8,03	9,32
Lira SAPR 2013 метод 1	8,67	9,55	11,0	13,6	13,8	14,6	16,7	18,9
Lira SAPR 2013 метод 2	5,17	5,94	6,72	7,7	7,61	8,84	9,37	10,1
Lira SAPR 2013 метод 3	3,31	3,84	4,26	5,57	5,29	5,75	6,42	7,6
Plaxis 3d 1.1 метод 1		6,62		8,43		11,67		14,2
Plaxis 3d 1.1 метод 2		5,8		6,63		8,25		9,07

Расчет в Lira SAPR метод 1 ведется по упрощённой модели, что приводит к расхождению максимальных осадок со средними значениями по СП 22.13330.2011 до 60%. В данном методе учитывается модуль деформации и коэффициент Пуассона.

Расчет в Lira SAPR метод 2 ведется по модели основания Винклера, в которой не учитывается коэффициент постели C_2 и прочностные характеристики грунта, что приводит к максимальному расхождению со средними значениями по СП 22.13330.2011 на 27%.

В результате расчетов с использованием Lira SAPR 3 метода значения осадок наиболее близки к средним значениям по СП 22.13330.2011, расхождение составляет не более 16%. Недостатком данного метода является то, что при расчете не учитываются прочностные характеристики грунта.

Plaxis 3d метод 1 модель линейно деформируемого полупространства дает завышенные значения осадок при данной постановке задачи.

Plaxis 3d метод 2, модель упругопластической среды, максимальное расхождение значений осадок со средними значениями по СП 22.13330.2011 составляет не более 22%. Достоинством Plaxis 3d являет-

ся одновременный учет прочностных и деформационных характеристик грунта и способов приложения нагрузки.

SCAD Office Кросс, Plaxis 3d метод 2 максимальное расхождение осадок 15%, а со средними значениями по СП 22.13330.2011 – до 20%. Это объясняется тем, что при расчете этой модели учитывается наличие у грунта структурной прочности и коэффициента постели C_1 .

В результате проведенных исследований можем сделать выводы. На конечную осадку плиты влияют следующие факторы:

1. модель, отражающая поведение грунта;
2. вид приложенной нагрузки;
3. размер сетки конечных элементов;
4. количество итераций;
5. соответствие расчета в программе нормативной документации.

Литература

1. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.0-83*.

2. Модели грунтов, реализованные в программных комплексах SCAD Office и Plaxis 3D / Е. С. Егорова, А. В. Иоскевич, В. В. Иоскевич и др. // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – №3(42). – С. 31-60.

УДК 539.3

Полянина Ю. С., Смоленцев А. С.,
Лоскутов Ю. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

УСТОЙЧИВОСТЬ ШАРНИРНО-ОПЕРТОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

Аннотация. *Поставлен и проведен эксперимент по потере устойчивости при одноосном сжатии прямоугольной пластины с закрепленными краями. Выполнены аналитический расчет критических нагрузок и численное моделирование потери устойчивости пластины на основе МКЭ. Сопоставление результатов эксперимента и расчетов показало хорошую сходимость результатов.*

Ключевые слова: *устойчивость, прямоугольная пластина, МКЭ.*

Плоские панели широко используются в конструкциях зданий и сооружений. Строителям часто приходится иметь дело с расчетом конструкций, весьма протяженных в одной плоскости и имеющих малый раз-

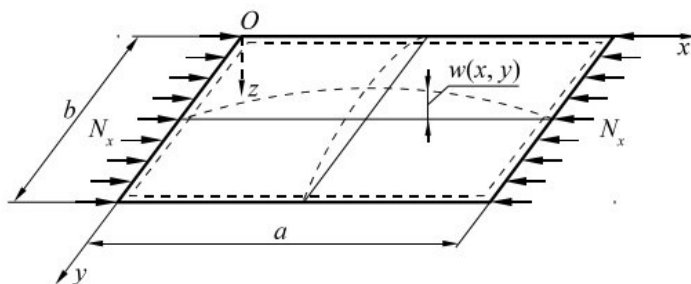
мер по толщине. Плоские панели работают в условиях плоского напряженного состояния и при восприятии сжимающих нормальных и касательных напряжений могут терять устойчивость. В качестве модели плоской панели можно использовать плоскую прямоугольную пластину. Поэтому тема работы представляется достаточно *актуальной*.

Целью данной работы является экспериментальная оценка критических нагрузок прямоугольной тонкой пластины для потери устойчивости, сравнение их величины с результатами, полученными различными аналитическими и численными методами.

В соответствии с целью поставлены следующие *задачи исследования*:

- 1) проведение эксперимента по потере устойчивости при одноосном сжатии прямоугольной пластины с закрепленными краями;
- 2) проведение расчетов по определению критических нагрузок для пластины различными методами;
- 3) сопоставление результатов эксперимента и расчетов.

Для проведения эксперимента использована лабораторная установка «Устойчивость и изгиб прямоугольной пластины», пластина из оргстекла, индикаторы часового типа, штативы, набор грузов.



Шарнирно закрепленная по контуру пластина, сжатая вдоль одной оси

В соответствии с подготовленной методикой эксперимента потеря устойчивости при одноосном сжатии шарнирно закреплённой по краям пластины фиксировалась с помощью 2-х индикаторов часового типа.

Оценка результатов эксперимента проводилась путем сопоставления данных с численными и аналитическими решениями задачи.

Рассмотрим прямоугольную шарнирно закреплённую по контуру (по всем сторонам) пластину, сжатую вдоль оси x (рисунок). Уравнение устойчивости в данном случае примет вид [1]:

$$D\nabla^2\nabla^2 w + N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0. \quad (1)$$

Решение уравнения (1) должно удовлетворять граничным условиям, соответствующим шарнирному закреплению пластины по контуру:

$$\text{при } x=0 \text{ и } x=a: w = \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0; \quad \text{при } y=0 \text{ и } y=b: w = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0.$$

Будем искать решение уравнения (1) в форме двойного тригонометрического ряда [1]:

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{mn} \left[D\pi^4 \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)^2 - \frac{\pi^2 m^2}{a^2} N_x \right] \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} = 0. \quad (3)$$

При $A_{mn}=0$ получаем исходную плоскую форму пластины [2]. Поэтому интересен только случай, когда $A_{mn} \neq 0$. При этом равенство (3) возможно, если выражение, стоящее в квадратных скобках, равно нулю. Поделив это выражение на π^4 , получим:

$$N_x = \frac{\pi^2 a^2 D}{m^2} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)^2. \quad (4)$$

Критическое значение нагрузки будет соответствовать наименьшему значению N_x , полученному из формулы (4). Для этого нужно принять $n=1$, тогда

$$N_x = \frac{\pi^2 a^2 D}{m^2} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{1^2}{b^2} \right)^2 \quad (5)$$

или

$$N_{kp} = k_{\sigma} \frac{\pi^2 D}{b^2}, \quad (6)$$

где $k_{\sigma} = \left(\frac{mb}{a} + \frac{a}{mb} \right)^2$ – коэффициент устойчивости при сжатии, который зависит от соотношения сторон пластины (a и b) и ее формы при

потере устойчивости, которая определяется числом m – числом полу-волн; D – цилиндрическая жесткость пластины.

Данные эксперимента и аналитического решения сопоставлены с данными вычислительного эксперимента МКЭ, проведенного в программном комплексе SCAD [3].

В результате установлено:

1. результаты, полученные на основе решения (6) и решения МКЭ, отличаются друг от друга не более, чем на 15 %;

2. рассмотренные методы расчета устойчивости пластины по сравнению с экспериментом дают высокую погрешность. Очевидно, это происходит вследствие несовершенства физической модели. Пластина имеет в определенных пределах разнотолщинность и неоднородность свойств. Есть несовершенство условий закрепления: условия по одной стороне отличались от других. Возможно, кромки могли искривляться в плоскости опорного контура, т. е. частично вели себя как при свободном опирании.

Литература

1. Тимошенко, С. П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек / С. П. Тимошенко. – М.: Физматгиз, 1971. – 808 с.
2. Ефимов, В. В. Динамика и прочность авиационных конструкций: учебное пособие / В. В. Ефимов. – Ч. 2. – М.: МГТУ ГА, 2014. – 72 с.
3. Кардаенко, А. П. SCAD Office. Шаг за шагом: учебное пособие / А. П. Кардаенко. – СПб.: ПСК «КАПроект», 2011. – 87 с.

УДК 692.445

Рябчиков И. Д., Баталова Н. А.

Научный руководитель: Актуганов О. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ СБОРА И ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗОК НА КУПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Аннотация. Изложены основные положения по сбору и приложению нагрузок на купольные покрытия с учетом их конструктивной и расчетной схемы.

Ключевые слова: купол, нагрузки, сбор нагрузок.

Куполом называется выпуклая полая или подъёмистая оболочка на круглом, эллиптическом или полигональном плане. Главными эле-

ментами купола являются осесимметричная оболочка вращения и опорное кольцо. Оболочка, находясь под распределенной нагрузкой, работает на сжатие. А опорное кольцо купола, являясь контурным элементом, воспринимает растягивающие усилия [1].

По конструктивным особенностям различают купола: ребристые, сетчатые и панельные (рис. 1).

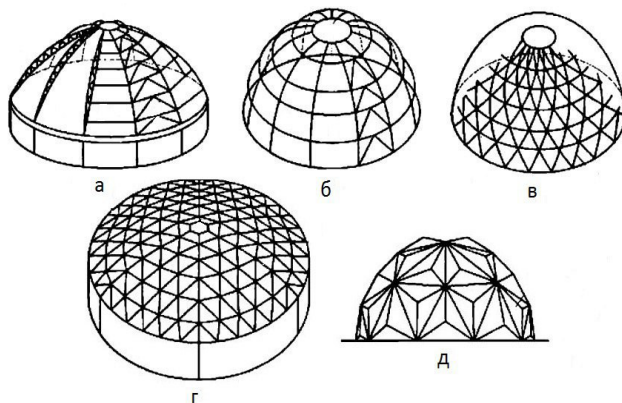


Рис. 1. Типы куполов: а – ребристый, б – ребристо-кольцевой, в – сетчатый, г – ребристо-сетчатый, д – панельный

При расчете купола, можно рассмотреть один из 2-х типов расчетной схемы: плоский и пространственный. Плоская система, вследствие своей простоты, удобнее при оценочных расчетах, требующих быстрого получения результатов, а также при невозможности задействования технических средств анализа конструкций. Пространственная система предоставляет точные данные по возникающим усилиям в элементах системы, но расчетная схема при этом становится статически многократно неопределимой, трудоемкость получения решения повышается, и расчет обычно выполняется в программах конечноэлементного анализа на ЭВМ.

В рамках исследования работы ребристого-кольцевого и сетчатого куполов в программном комплексе ЛИРА-САПР 2013 были рассмотрены несколько вариантов приложения нагрузок:

1. сосредоточенные нагрузки прикладываются на узловые элементы конструкций купола;
2. распределенные по длине (линейные) нагрузки прикладываются на стержневые элементы: ребра купола, кольца купола или элементы сетки, в зависимости от типа купола;

3. распределенные по площади (штампы) нагрузки прикладываются на введённые дополнительно в расчетную схему пластины.

Определение значений постоянных нагрузок на купольные покрытия не представляет особого интереса для настоящего исследования, вследствие их идентичности с другими вариантами покрытий. В то же время имеются особенности при сборе ветровых и снеговых нагрузок.

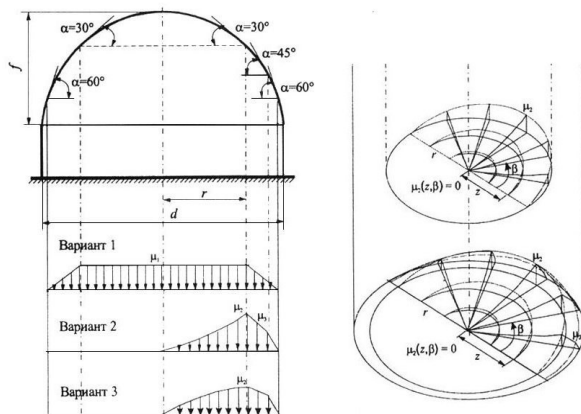


Рис. 2. Схемы приложения снеговых нагрузок

Снеговые нагрузки включают в себя 3 варианта загрузки, которые представлены в СП20.13330.2011 приложение Г.13 [2]. Характерной особенностью снеговых нагрузок на купольные покрытия является образование снеговых мешков с одной из сторон купола с пиком на уклоне 30° и оголение от снега противоположной стороны (рис. 2).

Купольные покрытия, за счет своей аэродинамической формы, имеют ряд преимуществ перед другими вариантами покрытий, поэтому они так востребованы в районах с сильными ветрами.

Для расчета ветровой нагрузки значения аэродинамических коэффициентов определяются линейной интерполяцией из гистограммы приложения Д.1.4 [2]. При этом предлагается рассечь купол посередине в двух направлениях: в направлении, перпендикулярном направлению ветра (В-В), значения нагрузок будут одинаковы; в сонаправленных ветру сечениях (А-В) и (В-С) значения нагрузок от нижнего опорного кольца к верхнему опорному кольцу будут возрастать.

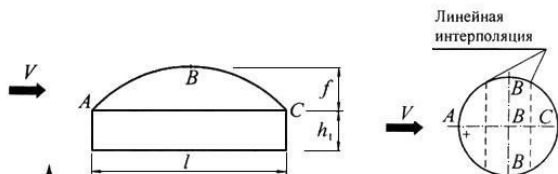


Рис. 3. К определению значения c_e в промежуточных точках купола

На основе проведенного численного анализа сделан вывод, что приложение нагрузок на дополнительно введенные элементы (пластины) наиболее достоверно отображает реальную работу купола за счет учета жесткости пластин в качестве элементов покрытия, а также данный способ снижает трудоемкость задания расчетных схем нагружения.

Литература

1. Нехаев, Г. А. Проектирование и расчёт стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления: учебное пособие / Г. А. Нехаев. – М.: изд-во АСВ, 2005. – 213 с.
2. СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: ОАО ЦПП, 2011. – 81 с.

УДК 629.130

Семенов Р. Н.

Научный руководитель: Мирошин А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОБСЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА АЭРОДРОМЕ Г. ПЕНЗА

Аннотация. В работе представлен анализ существующей системы водоотведения на аэродроме г. Пенза.

Ключевые слова: водоотвод, коллектор, резервуары-накопители, колодез.

Водоотвод с поверхности искусственных покрытий ИВП-2, РД-5, РД-6, МРД-2, МС для Ту-134, Ту-154 обеспечивается организацией рельефа вертикальной планировкой со сбором воды в водоотводные каналы закрытого типа, расположенные в кромках покрытий. Из водо-

отводных каналов вода поступает в дожде-приемные колодцы (пескоуловители) и далее в ливневую канализацию коллекторов.

Водоотвод с грунтовых частей обеспечивается вертикальной планировкой с отводом воды в тальвежные колодцы и далее в ливневую канализацию.

Водоотвод из оснований искусственных покрытий обеспечивается за счет закромочного дренажа вдоль дренирующих оснований аэродромной одежды.

Стоки из главных коллекторов выводятся в аккумулирующие емкости локальных очистных сооружений №1, №2 и №3. Очищенные стоки поступают в резервуары-накопители сточных вод с последующей откачкой для использования очищенной воды на хозяйственные и технические нужды.

Литература

1. СП 121.13330.2012. Свод правил. Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96. – М., 2013.
2. СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. – М., 2012.
3. Тактико-технические требования к аэродромам государственной авиации (ТТТАГосА.А). – М., 2006.

УДК 629.130

Семенов Р. Н.

Научный руководитель: Мирошин А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВА СООРУЖЕНИЙ ВОДОСТОЧНОЙ СЕТИ НА АЭРОДРОМЕ Г. КРАСНОДАР

***Аннотация:** В работе представлено описание и обоснование принятой схемы устройства сооружений водосточной сети на аэродроме г. Краснодар.*

***Ключевые слова:** водоотвод, коллектор, перепуски, колодец.*

При строительстве водосточно-дренажной сети выполнены:

- закромочный дренаж РД-1, РД-4, МРД-2, МС и ТППС-1 с уклоном труб дренажа 0,005-0,011;
- перепуски из закромочного дренажа в смотровые колодцы коллекторов с уклоном труб перепусков 0,005-0,011;

- водоотводные каналы закрытого типа и дожде-приемных колодцев (песко-уловителей) с продольным уклоном по оси каналов $0,001 \div 0,005$;
- перепуски из дожде-приемных колодцев (песко-уловителей) в смотровые колодцы коллекторов с уклоном труб перепусков $0,03$;
- водоотводные коллекторы с уклоном труб коллектора $0,002 \div 0,003$;
- сборные железобетонные смотровые колодцы диаметром $1,00$ м и $1,50$ м;
- монолитные железобетонные тальвежные колодцы;
- перепуски из тальвежных колодцев в смотровые колодцы коллекторов с уклоном труб перепусков $0,005 \div 0,20$.

Для осушения дренарующих оснований аэродромной одежды применены дренажные гофрированные перфорированные полиэтиленовые трубы «Перфокор-II» ТУ 2248-004-73011750-2007 с кольцевой жесткостью SN8 диаметром 110 мм. Перепуски от дрен выполнены из труб «Корсис» ТУ 2248-004-73011750-2005 диаметром 110 мм.

Соединение труб дренажа и перепусков от дрен выполнено посредством фасонных деталей, таких как отводы (90° , 45°) и тройники (90° , 45°), с помощью муфт и уплотнительных колец, входящих в комплект поставки.

Для сбора поверхностных стоков применены системы закрытых водоотводных каналов серии ЛБК ВМ SIR производства Малиновского комбината ЖБИ, которые соответствуют классу нагрузки F900 (для аэродромов). В соответствии с гидравлическим расчетом принято:

- лотки шириной гидравлического сечения 200 мм и глубиной 200 мм на покрытии РД-1, РД-5, МРД-2 (участок между РД-4 и РД-5), МС и ТППС-1;
- лотки шириной гидравлического сечения 300 мм и глубиной 300 мм на покрытии МРД-2 (участок между РД-1 и РД-4) и ТППС-2.

В местах, где обеспечение продольного уклона по линии водосбора не представляется возможным, предусмотрена установка лотков с внутренним уклоном.

Отвод стоков из каналов предусматривается через $25 \div 108,5$ м для лотков шириной гидравлического сечения 200 мм и через $75 \div 105$ м для лотков шириной гидравлического сечения 300 мм, с использованием пескоуловителей ЛБК ВМ SIR.

Водоотводные каналы и пескоуловители бетонируются в монолитный бетон, марка бетона В30 F100, с последующей герметизацией стыков каналов специальным герметиком. Бетонирование боковых частей каналов произведено после установки каналов на бетонное основание и

только с условием установки чугунных решеток, которые являются несущей частью конструкции каналов и должны находиться в канале весь период твердения бетона, а также в период производства работ по устройству покрытий, примыкающих к линии каналов.

Между каналом и монолитными железобетонными стенками сформированы продольные деформационные швы, заполняемые мастикой. В боковых бетонных стенках устроены поперечные швы расширения с шагом 45 м, шириной 20 мм.

Глубина заложения труб коллекторов ливневой канализации составляет от 1,50 м до 3,54 м с уклонами от 0,002 до 0,003.

Перепуски от пескоуловителей и тальвежных колодцев выполнены из труб «Корсис» диаметром 200 мм и 250 мм.

Соединение труб осуществляется с помощью муфт и уплотнительных резиновых колец, входящих в комплект поставки.

Полимерные трубы коллекторов уложены на уплотненное песчаное основание $h=0,15$ м. Засыпка полимерных труб производится песком на 0,3 м над верхом трубы в соответствии с техническими рекомендациями по проектированию и строительству подземных трубопроводов из полиэтиленовых труб. Обратная засыпка траншей произведена местным грунтом.

Коллектора в зоне рассредоточения самолетов выполнены из железобетонных труб отечественного производства марки ТБ, ГОСТ 6482-88, диаметром 400 мм. Железобетонные трубы под искусственными покрытиями уложены на армированное бетонное основание, вне искусственных покрытий – на цементобетонное основание.

В местах пересечения трассы коллектора КЗ-9 с покрытием МРД-2 разработка траншеи выполнена с вертикальными стенками с креплением инвентарными щитами, СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

В местах пролегания существующих инженерных сетей разработка траншей для водоотводной системы осуществлялась вручную с подвешиванием кабелей на время производства работ.

В связи с наличием просадочных грунтов первого типа по условиям просадочности выполнено уплотнение дна траншей и котлованов до $K_{ст.упл.}=0,98$. Дно траншей на участках прокладки железобетонных труб и котлованы колодцев укреплены втрамбованным в грунт щебнем.

Предусмотрены сборные железобетонные смотровые колодцы из цементобетона марки В15 F100, диаметрами 1,0 м и 1,5 м из колец с толщиной стенки 200 мм и толщиной плиты перекрытия 300 мм.

Тальвежные колодцы – монолитные железобетонные из цементобетона марки В15 F100.

Вокруг смотровых и тальвежных колодцев устроена отмостка из цементобетона.

Для гидроизоляции и защиты от коррозии выполнена обмазка бетонных и железобетонных поверхностей однокомпонентной, многофункциональной битумной мастикой холодного применения МБ-В, Ту-2384-001-24237882-01 за два раза.

Литература

1. СП 121.13330.2012. Свод правил. Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96. – М., 2013.
2. СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. – М., 2012.
3. Тактико-технические требования к аэродромам государственной авиации (ТТТАГосА.А). – М., 2006.

УКД 69.059.4

Торбеева И. Е.

Научный руководитель: Черепов В. Д., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ

***Аннотация.** Проведено техническое обследование зданий общеобразовательных организаций для включения в долгосрочную федеральную программу.*

***Ключевые слова:** уровень износа, капитальный ремонт.*

Обучение в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов является одним из главных приоритетов государственной образовательной политики Российской Федерации. Данные стандарты подразумевают не только повышение доступности и качества образования, но и обеспечение безопасного пребывания детей в организациях образования.

Проведенный анализ демографической ситуации в республике Марий Эл показал, что при существующей мощности образовательных ор-

ганизаций будет увеличиваться количество обучающихся во второй смене обучения вплоть до 2025 года.

Вместе с тем инфраструктура функционирующих школьных зданий не соответствует предъявляемым современным требованиям обучения. Несмотря на проводимую работу, не удалось преодолеть некоторые проблемы и противоречия, затормаживающие процесс модернизации материально-технической базы зданий общеобразовательных организаций. В основном, это связано с дефицитом финансовых средств на реконструкцию и капитальный ремонт зданий. Так, в одной из школ республики отсутствует водопровод, в семи – центральное отопление, в одной – канализация, одна школа находится в аварийном состоянии, 20 школ размещаются в деревянных зданиях, 99 школ требуют капитального ремонта.

С целью улучшения материально-технической базы образовательных организаций с уровнем износа выше 50 процентов, а также вывода процесса обучения из деревянных зданий, в республике начато строительство общеобразовательных организаций в рамках федеральной программы «Содействие созданию в субъектах Российской Федерации (исходя из прогнозируемой потребности) новых мест в общеобразовательных организациях» на 2016-2025 годы.

В рамках реализации первого этапа Программы в 2016-2020 годах планируется построить 63 объекта образования, из них в целях решения задач: вывода из двухсменного режима обучения – 28 объектов (7 школ и 21 пристрой); вывода из деревянных зданий и зданий с износом 50 процентов и выше – 26 объектов; приведения в соответствие современным требованиям качества школьных инфраструктур – 9 объектов.

Вторым этапом Программы (2021-2025 годы), помимо строительства новых зданий, запланировано проведение работ по капитальному ремонту общеобразовательных организаций.

На начало 2016 года в республике Марий Эл функционируют 253 общеобразовательные организации, из них 63 организации вошли в программу строительства.

Таким образом, назревает необходимость разработки системы технического обследования 190 зданий общеобразовательных организаций, проведения их классификации с учетом типа и года постройки на группы.

Для каждой группы зданий требуется уточнить основные дефекты элементов и провести их анализ; детально проработать этапы организации проведения технического обследования; получить в ходе исследования практические результаты, подготовить предложения о включении объектов в долгосрочную программу с соблюдением её организационных, технических и экономических условий. Определить социально-экономическую эффективность Программы для региона в целом.

Литература

1. О программе «Содействие созданию в субъектах Российской Федерации (исходя из прогнозируемой потребности) новых мест в общеобразовательных организациях» на 2016-2025 годы: распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 октября 2015 г. № 2145-р // Собрание законодательства РФ. – 2015. – № 44. – Ст. 6169.

УДК 691

Тучков А. В.

Научный руководитель: Васюнин С. А., старший преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

ОБСЛЕДОВАНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО МОСТА НА АВАРИЙНОСТЬ

Аннотация. Рассмотрены карбонизация бетона и оценка прочностных свойств поверхностного слоя бетона проезжей части и тела опор моста.

Ключевые слова: бетон, карбонизация бетона, прочностные свойства поверхностного слоя бетона.

Считается, что первыми начали применять бетон в строительстве римляне. Они использовали смесь из извести, пуццоланов, бутового камня и воды. К числу самых знаменитых сооружений римлян принадлежит виадук Pont du Gard в Ниме. Самый высокий сохранившийся римский акведук перекинут через реку Гардон. Длина 275 метров, высота 47 метров. Подобный пример дает представление о немыслимых возможностях этого материала. В своем труде «Об архитектуре» известный писатель, архитектор и инженер Витрувий [1] обсуждает использование конгломерата или так называемого «opus caementitium» на латыни, в состав которого входила смесь извести, песка и воды, смешанных с кусками камня и кирпичами. Этот пример убедительно демонстрирует античные корни материала, который мы попробуем проанализировать. Бетон, применяющийся в нашу эпоху, представляет собой смесь воды, цемента, заполнителей и, там, где это требуется, добавок. Они изменяют реологию бетонной смеси, свойства и эксплуатационные характеристики бетона. Кажется, что этому материалу нет равных по долговечности. Он изготавливается из легкодоступных ингредиентов, он сравнительно дешев, прост в применении и т. п. Од-

нако все это верно лишь отчасти. Например, бетон отличается великолепной прочностью на сжатие и очень плохо выдерживает растяжение. По этой причине, чтобы избавиться от этого недостатка, его армируют при помощи стальной арматуры. Однако это влечет за собой проблемы. И рассмотрим ее на конкретном примере. Сталежелезобетонный автомобильный мост через р. Кубра в г. Сызрань, построенный в 1957 году Мостоотрядом №8.

На самом деле причин разрушения бетона много, но в данной статье мы рассмотрим карбонизацию бетона и оценку прочностных свойств поверхностного слоя бетона проезжей части и тела опор.

Защита от коррозии стали, расположенной в бетоне, осуществляется благодаря тонкой защитной пленке, которая образуется в результате реакции стали с содержащимися в бетонной массе щелочными растворами. Процесс карбонизации распространяется постепенно: с внешней поверхности вглубь бетонного слоя. Коррозионная защита перестает действовать, как только фронт карбонизации достигает арматуры.

Фактическая глубина карбонизации бетона защитного слоя определялась экспресс-тестированием посредством нанесения на поверхность свежесверленных (на разную глубину) отверстий спиртового раствора фенолфталеина. При наличии щелочной среды бесцветный раствор фенолфталеина изменяет цвет на свежем сколе бетона в малиновый. Яркость цвета зависит от концентрации щелочи. Отсутствие окраски указывает на утрату бетоном щелочных свойств. Для оценки пассивирующих свойств, которыми должен обладать защитный слой арматуры, в плитах определялась глубина карбонизации бетона. Результаты тестирования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты определения свойств бетона в плитах проезжей части пролетных строений и тела опор

Место исследования	Фактическая толщина защитного слоя, мм	Результаты теста на карбонизацию бетона	
		Глубина вскрытия, мм	Цвет
Пролет 1 Плита 1	20-30	30	бесцветный
Пролет 2 Плита 1	20-30	30	бесцветный
Тело опоры 1	30	30	бесцветный
Тело опоры 1	30	30	бесцветный

Экспресс-тестирование бетона плит проезжей части пролетных строений и тела опор показало, что фронт карбонизации достиг арматуры. Также при обследовании были видны выщелачивания и интенсивное выщелачивание бетона плит проезжей части, вызванные протечками воды через швы между плитами. Вода попадает на плиты и способствует интенсивному выщелачиванию бетона и его разрушению. Продукты коррозии разрывают бетон и обнажают арматуру. Выщелачивание связано с растворением цементного камня, что уменьшает прочность бетона.

При обследовании сооружения была проведена оценка прочностных свойств поверхностного слоя бетона склерометром ОМШ-1. Результаты обработки показаний приведены в таблице 2.

Таблица 2. Прочностные свойства бетона по показаниям склерометра

Место измерений	Средняя прочность бетона, кг/м ²	Ближайшая марка бетона по прочности	Класс бетона по прочности, МПа
Пролет 1 Плита 2	200	M200	B15
Пролет 2 Плита 1	197	M200	B15
Тело опоры 1	160	M150	B12,5
Тело опоры 2	160	M150	B12,5

Из таблицы видно, что фактическая прочность бетона не соответствует нормативным техническим нормам, согласно СНиП 2.05.03.84*[2], для данного вида конструкции и условий работы, опоры должны быть изготовлены из бетона марки М350 (класс бетона В25).

Таким образом, обследовав плиты проезжей части и тела опор с определением глубины карбонизации и прочностных свойств бетона можно сделать вывод, что мост находится в аварийном состоянии. На данный момент осмотра можно сделать заключение, что необходимо снизить нагрузку на мост и требуется его срочный ремонт.

Литература

1. Витрувий Десять книг об архитектуре / Витрувий. – М.: Архитектура-С, 2006. – С. 108-110.
2. СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы». – М., 1996.

Ширинов А. А.

Научный руководитель: Мирошин А. Н., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПО ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ ГОРОДА ВОЛЖСКА

Аннотация. Приведены результаты расчетов вариантов свай по инженерно-геологическим изысканиям города Волжска республики Марий Эл.

Ключевые слова: сваи, грунт, несущая способность, сопротивление.

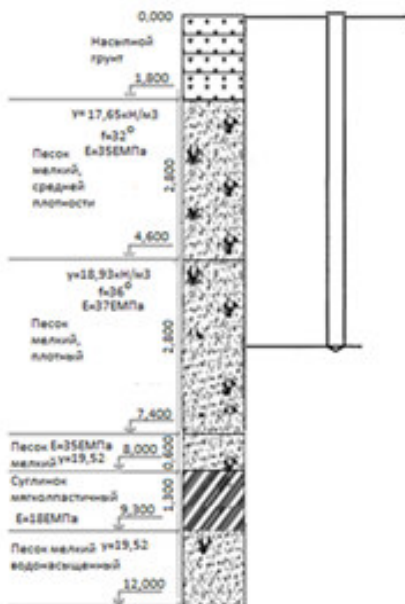


Схема призматической сваи

В геологическом строении площадки города Волжска республики Марий Эл принимают участие аллювиально-делювиальные отложения четвертичной системы верхнего звена, представленные суглинками и мелкими песками. Уровень грунтовых вод от 3-4 м.

ИГЭ-1: Техногенный слой, строительный мусор, обломки бетонных плит. Встречен мощностью от 0,5 до 1,8 метров. Характеризуется неоднородным составом, в качестве естественного основания не рекомендует-ся.

ИГЭ-2: Песок мелкий, средней плотности ($I_D = 1,79$), влажный ($S_r = 0,82 \leq 0,8$) залегает 1,8-4,6 м, $E = 23,4 \geq 20 \text{ МПа}$ (малосжимаем).

ИГЭ-3: Суглинок мягкопластичный ($I_L = 0,68$), залегает от 8,0-9,3 м, $E = 13,5 \geq 20 \text{ МПа}$ (средне-сжимаем).

ИГЭ-4: Песок мелкий, плотный ($I_D = 1,92$), маловлажный ($S_r = 0,78 \leq 0,8$), залегает от 4,6-7,4 м, $E = 37 \geq 20 \text{ МПа}$ (малосжимаем).

ИГЭ-5: Песок мелкий, плотный ($I_D = 1,98$), водонасыщенный ($S_r = 0,83 \leq 0,8$), залегает от 7,4-12 м, $E = 35 \geq 20 \text{ МПа}$ (малосжимаем).

В данных условиях строительной площадки рассмотрено три варианта свай длиной 5 метров под колонны каркаса промышленного здания, с опиранием свай на подстилающий ИГЭ-4 – песок плотный, маловлажный:

- 1 вариант ж/б свая квадратного сечения марки С50.30-5;
- 2 вариант бурунабивная свая марки БНС.500-5,0;
- 3 вариант пирамидальная свая марки СП.50-5,0.

$N_{01} = 551,2 \text{ кН}$ – нагрузка, передаваемая от здания на фундамент,

$M = 115,71 \text{ кН}$ – изгибающий момент.

Расчетное сопротивление грунта: под нижним концом сваи интерполировано с учетом погружения сваи 5 м, $R_{\text{призм}} = 3680 \text{ кПа}$ по таблице 7.1 (учитывая примечания, пункт 4) [1], для остальных свай определены расчётом, 2) $R_{\text{бур.н}} = 1882,2 \text{ кПа}$, 3) $R_{\text{пирам}} = 1921,12 \text{ кПа}$.

По расчёту, несущая способность свай: 1) $F_{\text{призм}} = 506,23 \text{ кН}$, 2) $F_{\text{бур.н}} = 581,17 \text{ кН}$, 3) $F_{\text{пирам}} = 297,45 \text{ кН}$.

Допустимая расчетная нагрузка на сваю: 1) $N_{\text{призм}} = 361,59 \text{ кН}$, 2) $N_{\text{бур.н}} = 415,12 \text{ кН}$, 3) $N_{\text{пирам}} = 212,46 \text{ кН}$.

Проектируется необходимое количество свай в ростверке: 1) $n_{\text{призм}} = 2$ сваи, 2) $n_{\text{бур.н}} = 2$ сваи, 3) $n_{\text{пирам}} = 3$ сваи.

Обеспечение несущей способности вариантов свай:

$$N_{\text{ф.призм}} = 348,54 \text{ кН} \leq 1,2 N_{\text{призм}} = 433,9 \text{ кН};$$

$$N_{\text{ф.бур.н}} = 409,11 \text{ кН} \leq 1,2 N_{\text{бур.н}} = 498,14 \text{ кН};$$

$$N_{\text{ф.пирам}} = 232,89 \text{ кН} \leq 1,2 N_{\text{пирам}} = 255,6 \text{ кН} \text{ условия выполнены.}$$

Давление под подошвой условного фундамента:

$$1) \quad P_{\text{ср.ф.призм}} = 165,98 \text{ кН} / \text{м}^2, \quad 2) \quad P_{\text{ср.ф.бур.н}} = 213,86 \text{ кН} / \text{м}^2,$$

$$3) \quad P_{\text{ср.ф.пирам}} = 156,12 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

Расчетное сопротивление грунта для всех вариантов:
 $R = 1198,83 \text{ кПа}$

$$P_{ср.ф.призм} = 165,98 \text{ кН} / \text{м}^2, \quad P_{ср.ф.бур.н} = 213,86 \text{ кН} / \text{м}^2,$$

$$P_{ср.ф.пирам} = 156,12 \text{ кН} / \text{м}^2 \leq 1198,83 \text{ Па},$$

условия выполнены.

Осадка вариантов свайных фундаментов определена методом послойного суммирования: 1) $S_{призм} = 0,356 \text{ см}$, 2) $S_{бур.н} = 0,49 \text{ см}$,

3) $S_{пирам} = 0,286 \text{ см} \leq S_{\max} = 8 \text{ см}$ по таблице 7.2 приложение Г [1]. Условия выполнены.

Применение железобетонных свай обосновано большой несущей способностью. При длинах до 9 м возможно применение ненапряженных трещиностойких железобетонных свай при экономии арматуры более 50%. Вариант бурунабивных свай обоснован большой несущей способностью. Изготовление свай на строительной площадке возможно без наличия производственной базы при сложных геологических условиях. Применение пирамидальных свай длиной до 6 м позволяет более оправданно использовать материал свай, и при этом снизить стоимость строительства. Сваю с углом наклона $4^\circ - 14^\circ$ применяют в песчаных грунтах.

Литература

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sniprf.ru/razdel-2/2-02-03-85>.
2. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5300634/>.

УДК 693.955

Яковлев С. Н.

Научный руководитель: Поздеев В. М., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОБ ИСПЫТАНИИ МОДЕЛИ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО КАРКАСА

Аннотация. Предложение по анализу учета совместной работы ригеля и пустотных плит в сборно-монолитном каркасе путем экспериментального испытания масштабной модели.

Ключевые слова: *сборно-монолитный ригель, моделирование, испытание, прочность, жесткость и трещиностойкость.*

Анализ современных строительных систем и конструктивных решений зданий, которые получили широкое распространение в нашей стране, показал, что система сборно-монолитного каркаса является одной из основных. Она позволила объединить в себе преимущества индустриальной массовой технологии, оригинальность и индивидуальность архитектурного решения. Максимально возможная унификация всех элементов здания привела к радикальному снижению стоимости и сроков строительства любых объектов [1].

Для увеличения экономической эффективности применения сборно-монолитного каркаса необходимо совершенствовать методику расчета. Одним из направлений совершенствования является учет совместной работы ригелей с перекрытиями при пространственном расчете каркаса. Подтверждение теоретических данных о влиянии совместной работы узла сопряжения «ригель – пустотная плита» на распределение усилий в элементах каркаса можно получить путем экспериментального исследования двух серий образцов: первого – без настила из плит, второго – с настилом.

За прототип была принята сборно-монолитная каркасная система ЗАО РЕКОН [1]. По методике [2] выполнен расчет неразрезного сборно-монолитного ригеля и определено рабочее армирование. Опытные модели запроектированы в масштабе модели 1:5 в двух вариантах: с плитами перекрытия и без них.

Образцы узлов сопряжения колонн с ригелями запроектированы высотой колонны $H = 160$ мм, сечением колонны $b \times h = 60 \times 60$ мм, длиной ригелей $L = 1200$ мм. Фрагменты ригелей прямоугольного сечения 60×100 мм, с высотой сборной части 60 мм и монолитной части 40 мм. Стык ригеля с колонной формируется путем омоноличивания узла сопряжения.

Фрагменты колонны, ригелей и плит выполнены из тяжелого бетона класса В30 на мелкозернистом щебне фракции 5-10 мм. Фрагменты колонны армируются пространственным арматурным каркасом из 4 стержней класса А500С диаметром 10 мм. Поперечная арматура диаметром 5 мм. Фрагменты ригелей в монолитной части стыка колонны и ригеля армируются 2 стержнями верхнего армирования диаметром 12 мм класса А400 и в сборной части 4 стержнями нижнего армирования диаметром 5 мм класса ВpII–1400 без преднапряжения (в данном случае целесообразно использование высокопрочной арматурной проволоки, так как в натурной конструкции используется высокопрочный

канат). Сборная часть модели ригеля армируется поперечной арматурой класса А400 путем сваривания пространственного каркаса, который привязывается к рабочей арматуре для установления защитного слоя бетона. Для связи сборной и монолитной части ригеля применяют П-образные гнутые стержни из арматурной стали класса А400 диаметром 6 мм.

Монтаж несущих ригелей предусматривается в стык с колонной и с закреплением ригеля на время монтажа опорными консолями. Верхняя продольная арматура в монолитной части ригеля пропускается через колонну, и в зоне стыка устанавливаются дополнительные замкнутые хомуты из арматуры класса А240. Настил из пустотных плит ложится на полку в 15 мм сборной части ригеля с каждой его стороны.

Замоноличивание стыка ригелей с колонной, а также стыка ригеля и пустотной плиты осуществляется мелкозернистым бетоном класса В30.

В ходе экспериментального исследования элементов и фрагментов сборно-монолитного каркаса необходимо сопоставить теоретическое значение несущей способности образца ригеля без плит и с плитами.

В процессе испытаний следует регистрировать:

- значение прикладываемой нагрузки и значение опорной реакции на промежуточной опоре для раскрытия статической неопределенности;
- значение нагрузки и соответствующий прогиб, при котором появляются поперечные и наклонные трещины в ригеле в опорной и пролетном сечениях;
- величину прогибов и ширину раскрытия трещин в процессе загрузки опытных образцов;
- значение разрушающей нагрузки, соответствующий прогиб при разрушении и характер разрушения моделей.

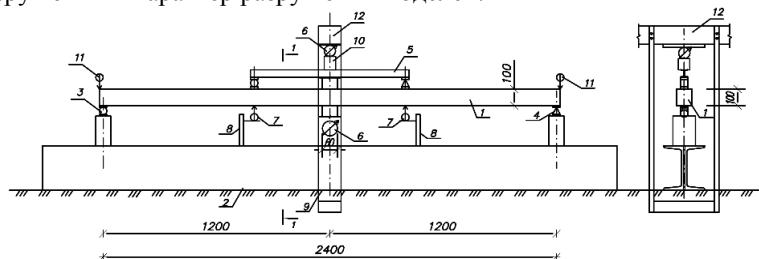


Схема установки испытания модели ригеля без плит:

- 1 – испытываемый образец; 2 – опорная балка; 3 – шарнирно-подвижная опора;
4 – шарнирно-неподвижная опора; 5 – траверса; 6 – динамометр; 7 – прогибомер;
8 – опора; 9 – тяжи; 10 – домкрат; 11 – индикаторы смещения опор;
12 – верхний упор

Прочность испытываемых изделий оценивают по значениям максимальной нагрузки, зарегистрированной к моменту проявления признаков, свидетельствующих об исчерпании несущей способности.

Оценка прочности проводится на основании сопоставления рассчитанной несущей способности модели каркаса в ходе исследования и фактическими максимальными значениями разрушающей нагрузки в ходе проведения эксперимента.

Оценка жесткости и особенностей влияния плит перекрытия на значения прогиба и образования нормальных трещин проводится сравнением фактического прогиба двух серий образцов, первого – без плит перекрытия, второго – с плитами.

Основная цель проведения расчетов и эксперимента – выявление особенностей совместной работы элементов СМК и на основе полученных данных дать предложение по расчету жесткости и несущей способности сборно-монолитных каркасных систем.

Литература

1. Шембаков, В. А. Сборно-монолитное каркасное домостроение: Руководство к принятию решения [Текст] / В. А. Шембаков. – Чебоксары, 2005. – 119 с.
2. Байков, В. Н. Железобетонные конструкции. Общий курс: учеб. для вузов / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – 6-е изд., репринтное. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. – 768 с.

УДК 697.112

Бусыгин К. В., Иванов А. В., Муреев П. Н.
Поволжский государственный технологический университет

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН**

***Аннотация.** В статье обсуждается область гражданского строительства, и объектом рассмотрения является разработка системы автоматизированного проектирования по исследованию ограждающих конструкций стеновых ограждений. Для повышения эффективности теплофизических исследований необходимо разработать математический алгоритм расчета того или иного процесса, который будет преобразован в компьютерную программу. Это позволит расширить возможность исследований и сделает процесс автоматизированным. Этот материал будет интересен тем, кто работает в области архитектуры, проектирования зданий и сооружений.*

***Ключевые слова:** наружные стены, САПР, теплофизика, автоматизация.*

В современном мире остро стоит вопрос, связанный с автоматизацией различных процессов. Даже сейчас, в век цифровых технологий, данная задача сохраняет свою актуальность, а решенные задачи требуют доработки и усовершенствований. Область строительства не является исключением. Проектирование и реконструкция сложных объектов и решение основных задач проектирования невозможно сегодня без систем автоматизированного проектирования (САПР), систем управления базами данных (СУБД) и систем управления данными о проекте (PDM). Функциональность таких систем стремительно расширяется [1, 2, 4].

Цель работы – разработать комплекс программ для автоматизации теплофизических исследований.

Для реализации идеи создания автоматизированной компьютерной программы необходимо объединить знания теплофизика и программиста. Теплофизику необходимо понять физику исследуемых процессов, написав алгоритм расчета. На основе полученного математического аппарата программист сможет написать код для САПР. Очевидно, что программист далек от строительной теплофизики и ее процессов. Ему необходимо написать структуру расчета, которая охватывала бы необходимые факторы. Поэтому было принято решение разложить строи-

тельную теплофизику на группы и подгруппы на основе учебного пособия «Строительная теплофизика» [6, 7].

На базе лаборатории строительной физики ПГТУ была создана лабораторная установка, которая производит измерения температуры в образцах ограждающих конструкций и сбор данных показателей окружающей среды. В ходе работы по изучению данных появилась необходимость объединить данную лабораторную установку с программным продуктом, который бы в свою очередь не только собирал данные, но и производил расчеты. Это оказалось сложной и объемной задачей. Для начала было решено сделать так, чтобы компьютерная программа, используя данные нормативных документов, производила теоретические расчеты. Полученные результаты в дальнейшем пригодятся для расчетов по фактическим показателям.

Исходя из полученного материала и рассмотрев ряд расчетов, было решено создать программу для проверки на возможность конденсации влаги в толще стенового ограждения. Нами был произведен расчет, который разложен на составляющие, все формулы и обозначения были подписаны и сделаны ссылки на таблицы с использованными табличными значениями.

Чтобы упростить работу программисту и наглядно показать метод работы данного расчета, он был разработан в программе Excel. Программист оценил данный метод, как наиболее подходящий для упрощения процесса написания программы. Предоставление всех норм и таблиц, а самое главное, разработанных процессов расчета в Excel дали полную картину для наикратчайшего пути воплощения задуманной идеи. Способы, методы, инструменты написания программист выбирал сам. Единственным требованием в данном случае было то, чтобы в дальнейшем можно было объединить данную программу с остальными ПО строительной теплофизики и увязать с лабораторной установкой для получения действительных данных [1, 5, 8].

При взаимодействии с программистом в процессе создания программы были разработаны методика и механизм взаимодействия специалистов различных сфер для достижения общего результата. Данный способ будет подробно описан и усовершенствован в дальнейших работах. Он уже внедрен в процесс исследования, что в дальнейшем даст огромные плоды для достижения наиболее высокого уровня автоматизации архитектурно-строительного проектирования. Разрабатывался этот метод для упрощения автоматизации в такой сфере, как строительная теплофизика, и будет использован для создания единого САПР в данной сфере. Нужно отметить, что данный механизм опробован опытным путем и имеет положительные результаты [3].

Литература

1. Афанасенко, Е. П. Механизация и автоматизация в теплотехнике: Дополнение по 1938 году / Е. П. Афанасенко. – М.: Гос. науч. б-ка Наркомтопа СССР, 1939. – 24 с.
2. Дмитриев, А. Н. Энергосбережение в реконструируемых зданиях. Научное издание / А. Н. Дмитриев, П. В. Монастырев, С. Б. Сборщиков. – М.: издательство АСВ, 2008. – 208 с.
3. Мартин Фаулер Рефакторинг. Улучшение существующего кода / Мартин Фаулер. – М: «Символ-Плюс», 2003. – 430 с.
4. Павлов, А. С. Научные основы передачи информации и распознавания объектов в системе строительного проектирования: диссертация д-ра техн. наук / А. С. Павлов. – М., 2003.
5. Патент РФ №2014132293/28, 05.08.2014. Муреев П. Н., Куприянов В. Н., Андрианов Ю. С., Котлов В. Г., Макаров А. Н., Сабанцева И. С., Муреев К. П., Иванов А. В. Лабораторный комплекс для определения теплофизических характеристик образцов стеновых ограждений при длительных режимах испытаний год и более в натурных условиях // Патент России №153276. Бюл. №19.
6. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». – М.: Минрегион России, 2012.
7. Толстова, Ю. И. Строительная теплофизика: учебное пособие / Ю. И. Толстова, Р. Н. Шумилов. – Екатеринбург: издательство Уральского государственного университета, 2014. – 104 с.
8. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – 5-е изд. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.

УДК 536:69+699.88

Зайцева Е. В.

Научный руководитель: Хинканин А. П., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ФОРМИРОВАНИЕ КАТАЛОГА УЗЛОВ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

***Аннотация.** Исследовано влияния теплотехнических неоднородностей на приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, применяемых при строительстве зданий.*

***Ключевые слова:** теплотехнические неоднородности, приведенное сопротивление теплопередаче, энергоэффективность.*

Фактическая величина теплопотерь здания зачастую превышает значение этой величины, заявляемое проектировщиками, в 1,5 – 2 раза. Это можно объяснить тем, что при проектировании зданий проектные организации допускают ошибки в расчете приведенного сопротивления теплопередаче, не учитывая влияние теплотехнических неоднородностей на теплопотери здания.

Целью работы является исследование влияния теплотехнических неоднородностей на приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, применяемых при строительстве зданий. Для достижения данной цели решаются следующие **задачи**:

1. расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции с помощью элементного подхода;
2. расчет условного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции;
3. сравнение приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции с условным сопротивлением теплопередаче.

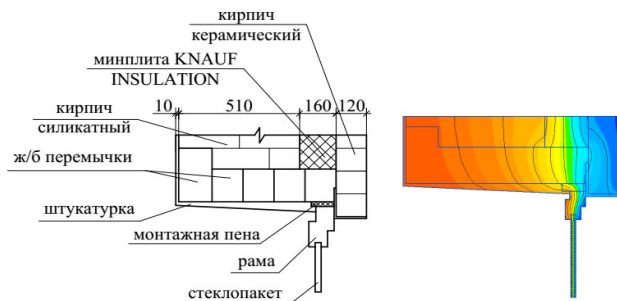
Изучению данной проблемы посвящена публикация [3] д. т. н., член-корр. РААСН В. Г. Гагарина, в которой приведен краткий обзор практического учета теплотехнических неоднородностей в странах Северной и Центральной Европы. Согласно данному обзору, в большинстве стран учет теплотехнических неоднородностей производится по упрощенному методу, а выполнение данных расчетов на практике почти нигде не проверяется.

Также изучением данной проблемы занимались Крайнов Д. В., Сафин И. Ш., Любимцев А. С. В своей статье [4], ввиду модернизации существующих типов ограждающих конструкций и появления большого числа новых, они рассмотрели вопрос корректного определения теплофизических свойств (главным образом теплозащиты) ограждающих конструкций.

Практически все ограждающие конструкции современных зданий являются теплотехнически неоднородными.

Значительный объем тепловых потерь через ограждающие конструкции приходится на стены. Кроме того, по конструктивным соображениям стены – наиболее теплотехнически неоднородны. [1].

Влияние теплотехнических неоднородностей на приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций рассмотрим на примере узла оконного блока.



Термограмма распределения температур

Внутренняя температура воздуха $t_{в} = 21^{\circ}\text{C}$.

Наружная температура воздуха $t_{н} = -34^{\circ}\text{C}$.

Рассматриваемый фрагмент стены, включая светопроем, имеет общую площадь $3,5 \times 3 \text{ м} = 10,5 \text{ м}^2$.

Площадь светопроема $1,5 \times 1,5 \text{ м} = 2,25 \text{ м}^2$.

Площадь поверхности фрагмента стены для расчета приведенного сопротивления теплопередаче составляет: $A = 10,5 - 2,25 = 8,25 \text{ м}^2$.

Общая длина проекции оконного откоса равна $L = 1,5 \times 4 = 6 \text{ м}$.

Длина проекции этих откосов, приходящаяся на 1 м^2 площади фрагмента равна $l = 6/8,25 = 0,727 \text{ м}^{-1}$.

Условное сопротивление теплопередаче фрагмента стены:

$$R_0^{\text{усл}} = 1/8,7 + (0,01/0,93 + 0,51/0,87 + 0,16/0,039 + 0,12/0,81) + 1/23 = 5,006 \text{ м}^2\text{°C/Вт}; U = 1/R_0^{\text{усл}} = 1/5,006 = 0,2 \text{ Вт/м}^2\text{°C}; a = 1 \text{ м}^{-1}.$$

Расчетный участок имеет размеры $800 \times 1600 \text{ мм}$. Площадь стены, вошедшей в расчетный участок, равна $1,28 \text{ м}^2$;

Потери теплоты через стену с оконным откосом, вошедшую в участок, равны: $Q = 93,5 \text{ Вт/м}$.

Потери теплоты через участок однородной стены той же площади:

$$Q_1 = (21 - (-34))/5,006 \times 1,28 = 14,06 \text{ Вт/м}.$$

Дополнительные потери теплоты через оконный откос составляют:

$$\Delta Q = 93,5 - 14,06 = 79,44 \text{ Вт/м}.$$

Удельные потери теплоты через оконный откос составляют:

$$\Psi = 79,44/(21 - (-34)) = 1,444 \text{ Вт/м}^2\text{°C}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента стены:

$$R_o^{np} = 1/(a \times U + l \times \Psi) = 1/(1 \times 0,2 + 0,727 \times 1,444) = 0,8 \text{ м}^2 \text{°C/Вт};$$

$$R_o^{ycl} = 5,006 \text{ м}^2 \text{°C/Вт} > R_o^{np} = 0,8 \text{ м}^2 \text{°C/Вт}.$$

Заключение. Согласно полученным данным, можно сделать вывод, что теплотехническая неоднородность снижает сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции с 5,006 до 0,8 м²°C/Вт на данный фрагмент стены. Правильный учет и уменьшение влияния возможных теплотехнических неоднородностей на теплопотери здания позволяет повысить энергетическую эффективность здания, а следовательно, снизить уровень затрат на вентиляцию и отопление.

Литература

1. СП.230.1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей. – М.: Минстрой России, 2015. – 68 с.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: ФАУ ФЦС, 2012. – 95 с.
3. Учет теплотехнических неоднородностей при проектировании теплозащиты ограждающих конструкций в России и других европейских странах / В. Г. Гагарин // СтройПРОФИ. – 2014. – № 19. – С. 24-27.
4. Крайнов, Д. В. Расчет дополнительных теплопотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса) / Д. В. Крайнов, И. Ш. Сафин, А. С. Любимцев // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 6. – С. 17-22.

УДК 711.4:712

Лоцман Я. А.

Научный руководитель: Медведкова Е. А., канд. с.-х. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА МЕДВЕДЕВО РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Аннотация. Описана градостроительная ситуация пгт. Медведево, рассмотрена структура объектов ландшафтной архитектуры.

Ключевые слова: градостроительство, поселок, ландшафтная архитектура.

Введение. Поселок городского типа Медведево – административный центр Медведевского района в составе республики Марий Эл Российской Федерации, площадью 805,1 га. На востоке граничит с городом

Йошкар-Ола, на западе – с поселком Руэм, на севере граница проходит по водоразделу реки Шоя, на юге – с деревнями Яныково, Ноля-Вершина, Митюково.

Актуальность темы. Поселок активно развивается: численность населения поселка за последние 4 года выросла на 5 тыс. человек (с 17160 чел. до 21579 чел.), появляются новые жилые «микрорайоны», территория города Йошкар-Ола образует градостроительное целое с застройкой пгт. Медведево. Система озеленения поселка призвана выполнять градостроительную функцию, т. е. объединять части Медведево в единое целое, оздоровительную – улучшать микроклиматические показатели территории, рекреационную – обеспечивать отдых населения, и архитектурно-художественную – повышать художественную выразительность ансамбля населенного пункта. Создание новых жилых комплексов, увеличение численности жителей вызвали необходимость в анализе системы озеленения поселка.

Цель: оценить градостроительную структуру объектов ландшафтной архитектуры пгт. Медведево и перспективы ее развития.

Климатические особенности территории, на которой расположен поселок, благоприятны для произрастания пород деревьев и кустарников, встречающихся в умеренных широтах. По северной границе поселка протекает река Шоя длиной 3,5 км, питающаяся за счет талых снеговых вод. Основными источниками водоснабжения являются подземные воды.

Градостроительная ситуация. По численности пгт. Медведево относится к категории «малые города». В поселке с развитой инфраструктурой по функциональному назначению представлены все основные зоны:

1. селитебная (усадыбы, коттеджи, многоэтажные жилые дома);
2. общественно-деловая (поликлиники, больницы, ДК, библиотеки, музей, райпо, магазины, кафе, столовые, почтовое отделение связи, сбербанк, соцзащита, церковь Державной иконы Божией Матери, мечеть Гайша и пр.);
3. промышленная (24 коммунальных и складских объектов);
4. инженерная и транспортная (прямоугольная застройка поселка с ориентацией по сторонам света. На северной окраине – автодорога регионального значения 88К-002 Йошкар-Ола – Козьмодемьянск, на южной – железная дорога линии Зеленый Дол – Яранск, с ж/д ст. Аксаматово);
5. специального назначения;
6. рекреационного назначения (мини-зоопарк, цирк).

Объекты ландшафтной архитектуры. Система озеленения пгт. Медведево носит подчиненный характер, т. е. зависит от планировочной структуры поселка. Сложившаяся система озеленения имеет признаки и центральной и периферийной, что характерно для населенных пунктов с

численностью жителей менее 50 тыс. человек. На территории поселка представлены все категории объектов ландшафтной архитектуры по функциональному назначению: общего пользования, ограниченного пользования и специального назначения:

1. общего пользования – бульвар вдоль ул. Юбилейная, сквер при административных зданиях, сквер «Воинов Великой Отечественной войны», сквер по ул. Терешковой;

2. ограниченного пользования – территории шести детских дошкольных учреждений, трех общеобразовательных школ, автодорожного техникума, музея, спортивных объектов, учреждений здравоохранения, ветеринарной клиники, церкви и мечети, мини-зоопарка с цирком, придомовых территорий, участков промышленных предприятий;

3. специального назначения и пользования – защитная полоса вдоль железной дороги, озелененные территории вдоль автодорог и магистралей, территория кладбища.

Необходимо отметить, что часть объектов ландшафтной архитектуры общего пользования были созданы или реконструированы в последнее десятилетие: скверы при администрации, «Воинов Великой Отечественной войны», по ул. Терешковой. Ограниченного назначения – спортивные объекты.

В пойме реки Шоя выделена территория под общепоселковый парк, что связано в первую очередь с динамичным развитием поселка и увеличением числа жителей [1].

Выводы. Поселок городского типа Медведево с численностью жителей 21579 чел. является четвертым по численности населения населённым пунктом в Марий Эл.

Инфраструктура поселка активно развивается, согласно перспективному плану развития города Йошкар-Олы, Медведево станет жилым районом, как часть градостроительного целого.

Планировочная структура Медведево – прямоугольная, компактная, в плане поселок имеет прямоугольную систему улиц и застройки с ориентациями по сторонам света.

Система объектов озеленения поселка представлена всеми категориями, в настоящее время назрела необходимость в анализе количества объектов ландшафтной архитектуры и степени обеспеченности территории зелеными насаждениями.

Литература

1. Генеральный план городского округа «Город Йошкар-Ола» в редакции решения Собрания депутатов городского округа «Город Йошкар-Ола» от 23.09.2015 № 190-VI, 2015. – С. 23-25.

Мералишоева С. И.

Научный руководитель: Шамбина С. Л., канд. техн. наук, доцент
Российский университет дружбы народов

АРХИТЕКТУРА СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ПРОЕКТАХ ЗАХИ ХАДИД

Аннотация. В статье рассматриваются основные тенденции, проявляющиеся в архитектуре выдающегося архитектора Захи Хадид.

Ключевые слова: архитектура, деконструктивизм, поверхность.

Заха Хадид – одна из известнейших архитекторов современности. Она получила Притцкеровскую премию, архитектурный аналог нобелевской премии. З. Хадид создала особую архитектуру, которая ниспровергает законы тектоники, отрицает прямые линии, ломает границы, да и само понятие устойчивости становится предметом ее критического переосмысления. Заха Хадид смогла не только провозгласить новые принципы, но и реализовать их в строительстве. [1, 2].

Заха Хадид стала ярчайшим и самым последовательным представителем архитектурного направления деконструктивизм, которое характеризуется сложной формой объектов с неправильными ломаными линиями. Она занималась вопросами абстракции и динамики, выработала особую манеру подачи проекта. Абстрактные рисунки раскрывают пространственную идею с разных точек зрения. [3].

Проекты Захи Хадид представляют собой как бы космическую среду.

Один из проектов – Центр водных видов спорта в Великобритании (рис. 1). Рассмотрев здание, мы видим, что конструкция здания состоит из 2-х прямоугольных плоскостей, соединённые между собой гиперболическим параболоидом. Если рассматривать профиль, то соединённые

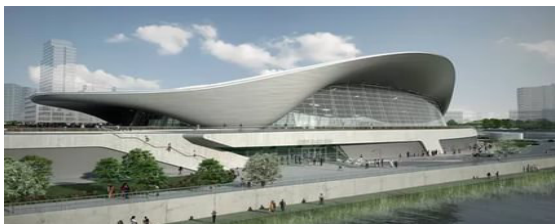


Рис. 1. Центр водных видов спорта, Великобритания

геометрические фигуры плавными линиями превращаются в волну, имитируя движение воды, а плавная геометрия в совокупности с криволинейными

поверхностями выделяют его на фоне других городских объектов.

Первый объект Захи Хадид, реализованный в Москве, это Dominion Tower (рис. 2) [4]. Возможно, это проект не так сложен, как другие ее

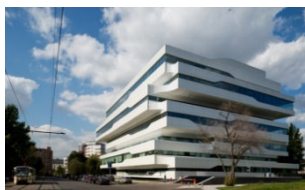


Рис. 2. Dominion Tower, Москва

проекты, но в Москве – это первое офисное здание с подобной динамикой и живописной слоистостью форм. Обшивка семиэтажного здания состоит из панелей с прямыми и криволинейными контурами, чередующимися на фасадах с лентами сплошного остекления. Конструкция похожа на раздвигающиеся плиты. Оболочка всего

здания состоит из криволинейных заостренных поверхностей, но внутри здания все наоборот, нет заостренности, мы видим все те же плавные извилистые линии, которые присущи именно Захи Хадид.

Среди высотных зданий мы можем увидеть одноэтажное здание, кардинально отличающееся от остальных своими ломаными линиями и обтекаемой поверхностью, которое не вписывается в повседневную среду.

Золотая станция метро в Эр-Рияде, Саудовская Аравия, – один из проектов Захи Хадид (рис. 3) [4]. Если углубиться в исследование одной части конструкции здания, то можно заметить, что оно напоминает листочек какого-то дерева или цветка. Таким образом, можно предположить, что частью вдохновения ее работ была окружающая среда, будь это капля в море или лепесток цветка.

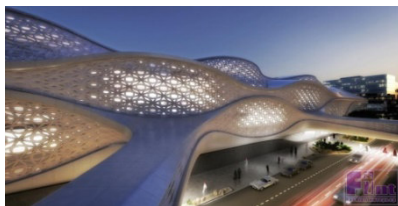


Рис. 3. Золотая станция метро в Эр-Рияде, Саудовская Аравия

В своих проектах Заха Хадид использует различные поверхности, чаще всего это комбинированные оболочки или оболочки свободной формы [5]. Проекты Захи Хадид состоят не из одного вида оболочек, а совмещают в себе несколько видов одновременно, накладывая одну поверхность на другую. В разных проекциях здания трудно сразу рассмотреть, где стена, где лестница, где потолок. Каждый ее проект имеет отличительную черту.

Архитектура Захи Хадид – абсолютно новаторская. Ее творения уникальны, неповторимы и абсолютно узнаваемы. Совместив несовместимое, Заха Хадид оставила яркий след в истории архитектуры, выходя за грани возможного.

Литература

1. Иконников, А. В. Мастера архитектуры об архитектуре / А. В. Иконников. – М.: Искусство, 1972. – 343 с.
2. Архитектура и проектирование/Справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arx.novosibdom.ru/node/992>, свободный.
3. Современная архитектура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://archi.place/tag/material/>, свободный.
4. Архитектура Захи Хадид [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tehlib.com/arhitektura/zaha-hadid/>, свободный.
5. Шамбина, С. Л. Применение бионического формообразования и методов аналитической геометрии в современном архитектурном проектировании / С. Л. Шамбина, А. А. Казарян // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2015. – № 1. – С. 3-11.

УДК 725:159.9

Салдеева М. А.

Научный руководитель: Осокина В. А., доцент

Поволжский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ НА ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В данной статье представлено обоснование результатов социологического опроса, проведенного с целью выявления архитектурных стилей, положительно влияющих на эмоциональное состояние человека.

Ключевые слова: архитектурный стиль, эмоциональная реакция, анкетирование, нелинейная архитектура.

С древнейших времен архитектурный облик зданий и сооружений оказывал пусть и ненавязчивое, но регулярное воздействие на сознание человека. Каждую историческую эпоху может охарактеризовать свой архитектурный стиль, по-своему влияющий на эмоциональное состояние личности. При этом стоит учесть, что один и тот же памятник архитектуры может по-разному воздействовать на своих современников и людей нашего времени.

Исследовать влияние архитектуры, начиная с древних веков, можно с помощью исторических источников, изучив интересы и нрав людей далекого прошлого. Но при этом следует заметить, что воздействие со-

хранившихся зданий и сооружений на эмоции современного человека могло измениться.

На сегодняшний день проблема эмоциональной реакции общества на постройки прошлых столетий и архитектуру будущего нуждается в дополнительном исследовании. Ведь под воздействием окружающей архитектурной среды формируется эмоциональная сфера личности.

Для более глубокого изучения данной темы можно воспользоваться одним из эмпирических методов исследования – анкетированием [1]. Проведенный опрос даст возможность узнать беспристрастное мнение относительно эмоций, вызванных сооружениями, выполненными в различных архитектурных стилях.

Благодаря оценочному мнению опрошенных можно выявить такие направления в архитектуре, которые вызывают положительные ассоциации, а также выбрать архитектурный стиль, на который следует ориентироваться при возведении зданий и сооружений в пределах республики Марий Эл.

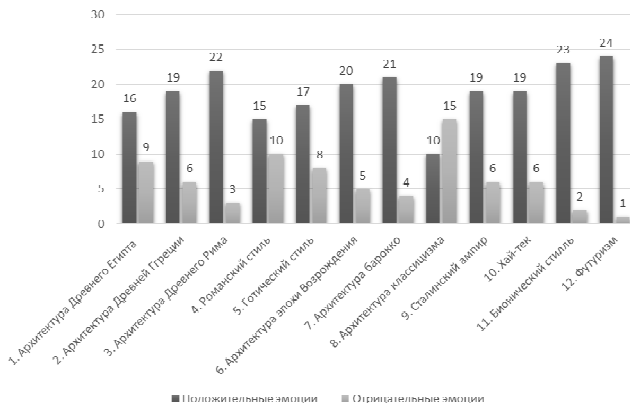
В проведенной анкете принимали участие 25 студентов, обучающихся по направлению проектирование зданий. Респондентам были показаны изображения 12 зданий и сооружений, каждое из которых принадлежит одному из архитектурных стилей, начиная с древних эпох до нашего времени.

Для каждого изображения нужно было выбрать одну из эмоций, перечисленных в бланках ответов, с которой ассоциируется архитектурный образ на данной фотографии.

Респондентам было рекомендовано 7 эмоций на выбор для оценочного мнения к каждому сооружению. Из них 4 положительных, такие как: воодушевление, восторг, защищенность, умиротворение и 3 отрицательных: подавленность, мрачность, пассивность.

Названия архитектурных стилей каждого из предложенных зданий не озвучивали, а эмоции были предложены в хаотичном порядке. Вследствие этого по результатам анкетирования можно выявить направления в архитектуре, положительно влияющие на сознание человека.

В результате проведенного исследования максимальное количество положительных эмоций вызвали такие архитектурные направления, как бионика (92%) и футуризм (96%). Отсюда можно сделать вывод, что современная архитектура вызывает положительные эмоции и благоприятно влияет на сознание человека. Следовательно, при проектировании объектов стоит обратить внимание на выбранный стиль и отдать предпочтение таким направлениям, как бионика, футуризм.



Общие результаты анкетирования

На территории нашего региона, а именно республики Марий Эл, нелинейная архитектура мало распространена. Анкетирование показывает, в каком направлении стоит развиваться, чтобы архитектурная среда удовлетворяла духовные потребности общества и являлась источником внутреннего комфорта человека.

По истечении времени вкусы и интересы общества меняются, но при этом многие памятники архитектуры продолжают сохранять свое положительное влияние на эмоциональную сферу личности. Поэтому с развитием новых архитектурных направлений не стоит забывать о сохранении нашего исторического прошлого.

Литература

1. Добренков, В. И. Методы социологического исследования: учебник / В. И. Добренков, А. И. Кравченко. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 768 с.
2. Шилин, В. В. Архитектура и психология. Краткий конспект лекций / В. В. Шилин. – Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2011. – 66 с.
3. Кох, Вильфрид Энциклопедия архитектурных стилей. Классический труд по европейскому зодчеству от античности до современности; пер. с нем. – М.: БММ АО, 2005. – 528 с.: ил.
4. Титов, А. Л. Современная архитектурная среда и ее влияние на поведение человека [Электронный ресурс] / А. Л. Титов. – Режим доступа: <http://www.archip.ru>. Дата обращения: 17.05.2015.

Сомина Т. О.

Научный руководитель: Хинканин А. П., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ

***Аннотация.** При создании гармоничного образа здания многие архитекторы и конструкторы используют природные объекты как основу для создания новаций. Поэтому становится очевидной роль природы как наиболее важного источника интересных и неординарных идей, которые позволяют превратить здание в произведение искусства.*

***Ключевые слова:** бионика, природа, природные конструкции, производство архитектуры, гармония между архитектурой и конструкциями.*

Введение. «Бионика (от греч. bio – элемент жизни), прикладная наука, изучающая законы формирования и структурообразования живых тканей, чтобы объединить познания биологии и техники для решения инженерно-технических задач» [1]. Актуальность темы определяется прогрессирующим развитием использования бионических форм в строительстве и архитектуре. Архитектурная бионика открывает широкие горизонты решения различных архитектурных задач с помощью совершенствования форм живой природы. Все формы живой природы – структура клеток, скелеты, стебли растений и т. д. – совершенны и уникальны. Гармоничное единство природы и архитектуры, функции и формы – результат архитектурной бионики. «Бионическая архитектура предлагает создать среду под стать той, которая нас окружала в самом начале, что приведет к духовному широкому мышлению и к безопасному, благоприятному и экономичному проживанию» [2].

Основные положения. На протяжении многих лет человек в своей архитектурно-строительной деятельности обращался к живой природе, решая различные вопросы. Впервые, кто использовал принципы бионики при сооружении здания, стал испанский архитектор XIX в. Антонио Гауди. Он создал парк Гуэля, объекты которого имитируют природные формы. Парк Гуэля – шедевр, достойный восхищения, «ничего подобного избалованная архитектурными изысками Европа, да и весь мир, еще не видели» [3].

При проектировании и формирования образа здания следует учитывать климат, экологию местности. Климат в большой степени влияет на выбор конструкций и материалов. Американский архитектор Франк Ллойд Райт особо акцентировал свойство органической архитектуры

соответствовать определенному региону Земли: «В органической архитектуре сама земля предопределяет ее черты; климат влияет на них...» [4]. Сооружение должно принадлежать природной среде, вписываться в ландшафт, образовывать с ним одно целое.

Современные архитектурные сооружения, взявшие в основу своего развития бионические формы, можно наблюдать в Санкт-Петербурге – «Дом Дельфин», в Нидерландах – здание правления NMB Bank, в Австралии – здание Сиднейского оперного театра, творческий замысел которого заключен в образе белых раковин над водой, Дом К. Мельникова в Москве, форма и расположение окон которого напоминают пчелиные соты.

Конструкции современных высотных зданий имеют сходство со структурой стеблей злаков, которые «способны восстанавливать вертикальное положение, выдерживать большие нагрузки, и при этом не повреждаться под тяжестью соцветия» [5]. Всем известная конструкция Эйфелевой башни сходна со строением большой берцовой кости человека, благодаря чему конструкция обладает достаточной прочностью. Конструкция небоскреба «Кипарис» в Шанхае будет создана по принципу строения ветвей и кроны кипариса. В основе башни планируется свайный фундамент, рассчитанный по принципу гармошки, аналогичной развитию корневой системы дерева. «Устойчивость верхних этажей к воздействию ветра обеспечена тем, что воздух проходит сквозь конструкцию башни, не встречая сопротивления» [1].

Использование природных идей в архитектуре дает наилучший результат: обеспечивает оптимальное использование материалов, идеальную конструктивную устойчивость и сопротивление. Природные формы зданий в бионическом стиле заставляют включить воображение, объекты данного стиля выбиваются из правильной геометрии. Мягкие, плавные линии стен, окон создают ощущение непрерывного движения. Стены, словно живые мембраны, создают ощущение нечто живого. «Внутри органического живого дома создаётся впечатление сказочного мира» [1].

Вывод. Бионика в архитектуре – внедрение в проектирование и строительство удобных, гармоничных, пространств жизнедеятельности человека. Уже сейчас становится ясно, что благодаря развитию научных методов, расширению базы знаний и появлению детального математического моделирования большинство архитектурных принципов и законов, над которыми человечество путём проб и ошибок билось тысячелетиями, находилось у нас под самым носом – в природе. Природа – художественно-конструктивная модель, которая влияет на архитектурную и конструктивную гармонию в дополнение к эстетическим и конструктивным соображениям.

Литература

1. Кононова, Ю. А. Бионика в архитектуре [Электронный ресурс] / Ю. А. Кононова, Т. В. Лебедева, А. Ю. Микерчук. – Режим доступа: http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/6139/s232_06.pdf?sequence=1.
2. Киселёва, Н. Г. Концепция адаптивных структур в архитектуре жилища [Электронный ресурс] / Н. Г. Киселева // Архитектон: известия вузов. – 2010. – № 2(30). – Режим доступа: http://archvuz.ru/numbers/2010_2/014.
3. Винник, А. Архитектурная бионика [Электронный ресурс] / А. Винник. – Режим доступа: <http://www.bcetyt.ru/construction/raz/02712811.html>.
4. Лебедев, Ю. С. Архитектурная бионика / Ю. С. Лебедев, В. И. Рабинович, Е. Д. Положай; под. ред. Ю. С. Лебедева. – М.: Стройиздат, 1990. – 269 с.
5. Ажнина, Е. Бионика: Природа знает лучше [Электронный ресурс] / Е. Ажнина: Человек без границ. Режим доступа: http://www.manwb.ru/articles/science/natural_science/Bionika_ElAzhnina.

УДК 752

Худякова Е. С.

Научный руководитель: Осокина В. А., доцент

Поволжский государственный технологический университет

АДАПТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ КАК КОМФОРТНАЯ СРЕДА ПРЕБЫВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

***Аннотация.** Данная статья посвящена вопросам рассмотрения жилого пространства как адаптируемого объекта с целью решения проблем современного жилища, повышения уровня комфортности среды.*

***Ключевые слова:** архитектура жилища, адаптивность, адаптивные структуры, инновация, современные технологии, формообразование, жилые здания.*

Отличительной чертой нашего времени являются скорость, динамичность и многофункциональность. Мир вокруг нас меняется, и человек ежедневно сталкивается с преобразованиями своего окружения. Архитектура должна соответствовать всем требованиям человека и также динамично меняться вместе с ним [2].

В последнее время складывается тенденция внедрения трудовой, образовательной, рекреационной деятельности в жилище, происходит сглаживание границ между видами деятельности. В этих условиях проблема соответствия параметров жилища постоянно меняющимся потребностям обитателя становится актуальной. [1]. При длительных этапах эксплуата-

ции здания часто меняется характер его использования. Человек не всегда может себе позволить частые переезды в жилище больше по площади или иной планировки, а значит, способность адаптироваться – это острая проблема жилища. Решением этой проблемы может стать применение гибких объёмно-пространственных жилых структур, адаптируемых во времени, а также разработка приемов и средств, предоставляющих возможность обитателю обустраивать собственное жилище, постепенно расширять, трансформировать и адаптировать его под собственные нужды.

Под адаптацией понимается способность любой системы получать новую информацию для приближения своего поведения и структуры к оптимальной [1].

В теории и практике проектирования жилища бытуют различные концепции и приёмы обеспечения адаптации, вот основные из них:

- концепции «растущего дома», «ядрового жилища». Растущее жилище – блок-ячейка либо дом усадебного типа, имеющие потенциальные конструктивные и объёмно-планировочные резервы развития.

- концепция «свободных планировок и направляющих» предполагает оперативную трансформацию внутреннего пространства с целью изменения функциональной организации. Подвижные элементы – стены позволяют обитателям создавать собственные планировки.

- концепция «опор (поддержек) и заполнения» или «открытого строительства». Открытое здание – жилая структура, состоящая из «поддержек» – универсального стационарного каркаса и встраиваемого по индивидуальному проекту «заполнения» – ограждающих конструкций, перегородок, инженерного оборудования.

- концепция «каско» связана с принципами разделения и индивидуализации, закрытости и изоляции. По принципиальной работе напоминает кокон, где все изменения происходят в ограниченном пространстве. Структурой является купе, обеспечивающее необходимую изоляцию между ячейками.

- концепция «поливалентных пространств». Поливалентное жилище – жилище с завершённым объёмно-планировочным решением без жёсткого функционального зонирования, конфигурация которого предполагает индивидуальную интерпретацию обитателями;

- концепция «лофт» представляет собой неразделённое пространство для жилья и работы, которое организуется из стоечно-балочной структуры. Блок для инженерных коммуникаций выносится за пределы жилого пространства, и конструкция двойного пола даёт возможность подключения в любом месте [3].

Таким образом, можно выделить два основных направления в развитии адаптируемого жилища:

– адаптация жилища за счёт эволюционных преобразований, предполагающая развитие жилища, его переоборудование и расширение («растущее жилище», «открытое здание»);

– адаптация жилища за счёт модификационных преобразований, когда все возможные варианты изменений предусмотрены изначально проектом и реализуются в пределах заложенной программы (жилище с трансформируемым пространством, «поливалентное жилище») [1].

Адаптация может выступать в качестве инструмента индивидуализации жилища, его приспособления к изменяющимся потребностям и образу жизни обитателя с минимумом трудозатрат. В условиях изменений экологических, экономических стандартов, необходимости смены функции здания и отдельных его помещений, адаптация позволит повысить эксплуатационную эффективность жилой ячейки [1].

Посредством адаптации можно решить множество проблем:

– переоборудование жилища в соответствии с изменениями образа жизни его обитателей, состава семьи и способов ведения хозяйства;

– отождествление обитателя со своим жилищем, вовлечение его в проектирование и переоборудование собственного жилого пространства;

– экономия энергии и иных ресурсов, многократное использование освоенного пространства;

– поэтапное расширение и развитие жилища в процессе эксплуатации, следовательно, и его экономическая доступность.

Для того чтобы жилое пространство могло обеспечивать изменения в жизни его обитателя, необходима прямая и обратная связь процесса эксплуатации жилища с процессом проектирования и строительства. Целью адаптации и трансформации в архитектуре является унификация среды пребывания человека, создание многофункциональных пространств. Нас окружает этот мир высоких технологий, мир прогрессивного мышления, и развитие архитектуры является ярким тому примером.

Литература

1. Анисимов, Л. Ю. Принципы формирования архитектуры адаптируемого жилища: автореф. дис... канд. арх. / Л. Ю. Анисимов. – М.: МАРХИ, 2009. – 30 с.

2. Логинов, С. С. Трансформируемая архитектура / С. С. Логинов, А. П. Иванова // Новые идеи нового века: сб. статей. – Хабаровск: ТОГУ, 2015. – С. 127-130.

3. Киселёва, Н. Г. Концепция адаптивных структур в архитектуре жилища // Н. Г. Киселёва // Архитектон: известия вузов. – 2010. – № 30. – Архитектон: известия вузов. – 2010. – № 30. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://archvuz.ru/2010_2/5. Дата обращения: 25.03.2017.

УДК 69.001.5

Васенцова М. А.

Научный руководитель: Бородов В. Е., доцент

Поволжский государственный технологический университет

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТА ЗЕЛЕНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛА**

***Аннотация.** Анализ природно-климатических и инженерно-геологических условий, действующих на территории республики Марий Эл. Выявление соответствия основным факторам, положенным в основу разработки проекта зеленого строительства.*

***Ключевые слова:** зеленое строительство, климат, климатические факторы, энергоэффективное здание.*

Анализ климатического материала необходим для оценки климата района строительства и установления типологических рекомендаций к материально-техническим и конструктивно-планировочным возможностям объекта проектирования.

К климатическим факторам, влияющим на проектирование и строительство зданий, можно отнести:

1. преобладающие и пиковые значения температуры и влажности воздуха;
2. высоту снежного покрова в зимний период;
3. количество выпадающих осадков, снеговые нагрузки, вероятность и объем снегопереноса;
4. солнечную радиацию, дневной и годовой ход естественной освещенности;
5. преобладающие направления и скорость ветра;
6. глубину залегания грунтовых вод и сезонного промерзания грунта.

Задачей данного исследования является анализ природно-климатических и физико-географических условий республики Марий Эл, которые учитываются при разработке проектных решений объектов зеленого строительства.

Важную роль в процессе проектирования играет выбор места строительства. Размещение в городской среде имеет значительное влияние на формирование объемно-планировочных решений здания и, следовательно, на выбор средств обеспечения энергоэффективности, положенных в основу разработки проекта по выбранной теме [1]. В качестве участка под строительство выбран район лесопарка «Сосновая роща», в восточной части г. Йошкар-Ола.

Город Йошкар-Ола расположен в умеренном климатическом поясе в пределах умеренно-континентального типа климата; имеет выраженные четыре времени года, с теплым летом и умеренно-холодной зимой [2]. При создании проекта здания, расположенного в умеренном климате, необходимо учитывать вероятность перегрева наружных ограждающих конструкций в теплый период. Одним из решений данного вопроса является создание вертикального озеленения, составляющего основу концепции зеленого строительства.

Важным критерием при разработке проекта здания представляется оценка ветровых нагрузок и расчета здания на воздействие ветра. В теплый период года в городе Йошкар-Ола преобладают северо-восточные, северные, северо-западные и западные ветры, а в холодный период – южные, юго-западные и юго-восточные [2]. Территория строительства соответствует I ветровому району, средняя скорость ветра – 5 м/с [3]. При решении объемно-планировочных задач целесообразным становится выбор вариантов компактной архитектурной формы с минимальным удельным расходом наружных ограждающих конструкций. Обтекаемая форма и четкая ориентация застройки к направлению господствующего ветра позволяет снижать скорость ветра у здания и, соответственно, уменьшать его теплопотери. Кроме того, закономерный выбор ориентации к направлению господствующего ветра позволяет включать в объем здания ветрогенераторы, которые присущи типу объектов «зеленого строительства».

Влажность является важнейшим показателем гигиенического состояния воздушной среды и оказывает также влияние на состояние строительных конструкций. В зависимости от влажностной характеристики климата в зоне строительства производится выбор материалов для утепления возводимого объекта. Город Йошкар-Ола относится к зоне нормальной влажности – II [4]. При проектировании объекта зеленого строительства благоприятный микроклимат и оптимальный температурно-влажностный режим достигаются естественным путем благодаря целесообразному использованию вертикального озеленения.

При проектировании зданий повышенной этажности необходимо учитывать влияние метеорологических условий, таких как атмосферные

осадки. На территории города Йошкар-Ола количество осадков составляет около 550 мм в год. Большая часть осадков выпадает в виде дождя. Следовательно, целесообразно применение систем сбора дождевой воды, позволяющих уменьшить энергозатраты на водоснабжение, что также является одним из аспектов концепции зеленого строительства.

В геоморфологическом отношении площадка изысканий расположена в пределах надпойменной левобережной террасы р. М. Кокшага, у реки наблюдаются наименьшие высоты. При строительстве современных энергоэффективных зданий наиболее надежным и быстрым является устройство монолитной фундаментной плиты, отличием которой является жесткое пространственное армирование по всей нулевой поверхности. Благодаря весьма значительной несущей способности фундаментной плиты, ее можно применять на слабых и насыпных грунтах, а также в холодных регионах с сезонным промерзанием грунта. Таким образом, данное конструктивное решение фундамента является пригодным в условиях слабых подстилающих грунтов площадки застройки и целесообразным применением в условиях климата района строительства.

В результате проведенного исследования выявлено, что проектирование объекта зеленого строительства на территории города Йошкар-Ола возможно с учетом некоторых особенностей природно-климатических и инженерно-геологических параметров. Гармоничное взаимодействие перечисленных факторов позволит произвести выбор рациональных объемно-пространственных решений, обеспечит безопасность эксплуатации проектируемого объекта, возможность разработки индивидуального архитектурно-художественного облика объекта, а также создание требуемого температурно-влажностного режима и микроклимата помещений.

Литература

1. Васенцова, М. А. Сохранение окружающей среды в условиях городской застройки [Текст] / М. А. Васенцова // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России, 21-25 ноября 2016 г.: материалы всероссийской студенческой конференции. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 16-19.
2. Экологическое состояние г. Йошкар-Олы [Электронный ресурс] // Современное состояние и охрана атмосферы. – Режим доступа: <https://marsu.ru/science/libr/resours/yoshkar-ola/material/21.html>. – Дата обращения (23.11.2016).
3. СП 20.13330.2011 Свод правил. Нагрузки и воздействия (утв. приказом Мин. регион. развития РФ). – М.: Минрегионразвитие, 2011.
4. СП 131.13330.2012 Свод правил. Строительная климатология (утв. Приказом Мин. регион. развития РФ). – М.: Минрегионразвитие, 2012. – 109 с.

Головина Н. В., Муреев П. Н.

Научный руководитель: Макаров А. Н.

Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

Аннотация. *Рассмотрены методы экономической эффективности для научно-технических проектов.*

Ключевые слова: *расчетное сопротивление теплопередаче, динамические методы экономической эффективности, статические методы экономической эффективности.*

Обеспечение населения комфортным жильем является актуальной проблемой сегодняшнего времени. В соответствии с законодательством РФ все граждане имеют право на благоприятную среду обитания. Обеспечение комфорта – это, в первую очередь, соблюдение требований Сводов правил (СП) и санитарно-гигиенических требований к жилым помещениям. Одной из проблем, с которыми сталкиваются проектировщики при реконструкции жилых зданий старой застройки, является требование по приведению к нормативному сопротивлению теплопередаче наружных стен [1].

Цель работы – разработка научно-обоснованного метода экономической оценки использования автоматической системы управления теплофизическими параметрами наружных стен зданий и сооружений в местах выпадения конденсата или понижения температуры на внутренней поверхности наружных стен ниже нормируемого перепада $\Delta t_n = (t_v - \tau_v)$, равное 4 °C [2], где t_v – температура воздуха в помещении, τ_v – температура на внутренней поверхности наружного ограждения.

Научно-технические проекты при их реализации выполняют две различные функции: либо они позволяют заменить или вытеснить существующие технологические процессы, машины, приборы, транспортные средства, материалы, препараты и т. п.; в этом случае следует руководствоваться приростными показателями критериев (например, при-

рост чистой прибыли и всех других критериев), либо они порождают и удовлетворяют новые потребности общества; в этом случае рассматриваются абсолютные значения критериев.

Спецификой многих инновационных проектов, разрабатываемых в настоящее время, является отсутствие заранее определенных потребностей.

Методы инвестиционных расчетов можно классифицировать по ряду признаков. По методу учета в инвестиционных расчетах фактора времени методы делятся на следующие группы:

- статические;
- динамические.

По виду обобщающего показателя, выступающего в качестве критерия экономической эффективности инвестиций, методы инвестиционных расчетов можно подразделить на следующие группы:

- абсолютные;
- относительные;
- временные.

Статические методы оценки экономической эффективности инвестиций относятся к простым методам, которые используются для грубой и быстрой оценки привлекательности проектов и рекомендуются для применения на ранних стадиях экспертизы инвестиционных проектов, имеющих относительно короткий период их функционирования (не более года), либо для оценки более долгосрочных проектов, в которых расходы и доходы различаются по периодам времени несущественно [3].

К простым (статическим) методам оценки эффективности инвестиционных проектов относятся метод расчета бухгалтерской нормы прибыли и метод расчета бездисконтного срока окупаемости.

Преимущество простых методов – дешевизна расчетов и простота вычислений, недостаток – игнорирование факта неравноценности разновременных денежных потоков (сумм поступлений и платежей).

В практике применяют следующие статические критерии эффективности инновационных проектов:

- «приведенные затраты» на реализацию инновационного проекта;
- суммарная (или среднегодовая) прибыль от реализации инновационного проекта;

- рентабельность инвестиций (доходность инвестиций) инновационного проекта;
- коэффициент эффективности дополнительных инвестиций в инновации;
- статический период (срок) окупаемости капитальных вложений в проект;
- точка безубыточности производства инновации.

Динамическими называются показатели, которые определяются на основе значений результатов по проекту в течение всего срока реализации проекта [3].

Все динамические показатели учитывают фактор влияния времени. При их расчете используется техника дисконтирования.

В качестве основных показателей, используемых для расчетов эффективности ИП, выступают следующие:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма прибыли;
- индексы доходности затрат и инвестиций;
- дисконтированный срок окупаемости.

Проанализировав положительные и отрицательные стороны всех упомянутых методов экономической эффективности, будет выбран наиболее подходящий метод с дальнейшим расчетом на примере автоматизированной системы управления теплофизическими параметрами наружных стен зданий и сооружений.

Литература

1. Макарова, О. П. Анализ причин несоблюдения санитарно-эпидемиологических требований при реконструкции зданий старой застройки / О. П. Макарова, П. Н. Муреев, А. Н. Макаров // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – Выпуск XVIII. – С. 330-332.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Утв. Приказом Минрегиона России № 265 2012-06-30. – М.: Минрегион России, 2012.
3. Ример, М. И. Экономическая оценка инвестиций / М. И. Ример, А. Д. Касатов, Н. Н. Матиенко. – СПб.: Питер, 2008.

Грубская А. А.

Научный руководитель: Анисимов С. Н., старший преподаватель
Поволжский государственный технологический университет

СОКРАЩЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА БЕТОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ ФУНДАМЕНТА ПО СРЕДСТВАМ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В БЕТОННОЙ СМЕСИ

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные технологические этапы процесса бетонирования, а также проведен анализ применения суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе в самоуплотняющихся бетонах.*

***Ключевые слова:** самоуплотняющийся бетон, виброуплотнение, пластифицирующие добавки.*

На сегодняшний день сокращение сроков строительства является одним из важных факторов, учитывающихся при разработке процесса производства работ.

Наиболее продолжительным и трудоемким технологическим процессом считается процесс бетонирования, который разделен на следующие технологические этапы [1]:

- приготовление бетонной смеси;
- транспортирование бетонной смеси;
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- уход за бетоном в процессе его твердения;
- контроль качества бетонной смеси в процессе ее укладки и бетона, уложенного в конструкцию, в процессе твердения.

Отказ от виброуплотнения позволяет значительно сократить время и затраты труда при производстве бетонных работ, также существенно улучшить качество однородности бетонных и железобетонных конструкций, обеспечить малую проницаемость и защиту арматуры от коррозии.

Более десяти лет на строительных объектах зарубежных стран применяют самоуплотняющийся бетон (SCC), который способен без воздействия на него дополнительной внешней энергии самостоятельно под собственным весом растекаться, сохраняя свою однородность, а также гарантируя полное уплотнение, заполнение опалубочной формы и инкапсуляцию всех арматурных стержней и закладных деталей [2].

Такой тип бетонов нашел широкое применение в ответственных конструкциях, которые могут быть сложной формы, иметь густое армирование и должны выдерживать высокие нагрузки и иметь продолжительный срок эксплуатации. При использовании самоуплотняющихся бетонов в процессе укладки важно соблюдать непрерывное бетонирование.

Обладая высокой подвижностью, возникающей в результате электростатического и пространственного отталкивания частиц, для подачи бетонной смеси к месту производства работ можно использовать бетонные насосы. Их применение позволяет сократить трудозатраты и облегчить производство работ.

Самоуплотняющийся бетон является подвижной системой и проявляет основные свои свойства в пластичном состоянии. Степень самоуплотненности бетона определяется по следующим свойствам.

Заполняющая способность – полное заполнение форм и инкапсуляция арматуры и закладных деталей, значительная горизонтальная и вертикальная текучесть бетона в форме с сохранением его однородности. В зависимости от требований, оседающая текучесть варьируется от 550 до 850 мм. [5].

Сопrotивление сегрегации – поддержание однородности всей смеси и при транспортировке, и при формовании.

Динамическая устойчивость – это сопротивление сегрегации при транспортировке и укладке бетона.

Статическая устойчивость связана с сопротивлением сегрегации, протечкам и оседанию поверхности после формовки.

Для обеспечения свойства вязкого пластического тела в самоуплотняющиеся бетоны необходимо вводить большое количество наполнителя. Увеличение доли наполнителя обеспечивает требуемую текучесть бетонной смеси, но повышает расход цемента и ухудшает экономику производства бетона.

Добиться снижения расхода цемента можно путем применения пластифицирующих добавок различного типа.

В зависимости от механизма действия различают следующие типы пластификаторов: например, «морально устаревшие» лигносульфонаты (LSF-тип), традиционные, «проверенные временем» полинафталинсульфонаты (NSF-тип) и относительно новые поликарбоксилаты (PCE-тип). [3].

Поликарбоксилатные эфиры являются добавками последнего поколения. Это пластификаторы первой группы с высокой водоредуцирующей способностью, которые позволяют получить в течение первых двух

суток не менее 70-80% марочной прочности. Применение этих добавок сокращает расход цемента на 40-150 кг/куб. м в зависимости от марки бетона. [4].

Использование добавок РСЕ-типа (напр. суперпластификатор SikaPlast) обеспечивает ранний набор прочности.

Литература

1. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов: учебник для студентов вузов: в 2 ч. / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. – Изд. 3-е, стер. – М.: Высшая школа, 2006. – 391 с.
2. Мозгалева, К. М.. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru> (дата обращения: 27.03.2017).
3. Коваль, И. В. Перспективы использования поликарбоксилатных добавок «Полипласт северо-запад» в технологии бетонов / И. В. Коваль, А. Г. Григорьев // Технологии бетонов. – 2016. – №11-12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tehnoconcrete.ru (дата обращения: 27.03.2017).
4. Поликарбоксилатные полимеры – новые решения для конкретных целей // Будівельний журнал «Sika» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ukr.sika.com (дата обращения: 27.03.2017).
5. Гербер, Д. В. Влияние модифицирующих добавок на свойства самоуплотняющегося бетона / Д. В. Гербер, Ю. Р. Кривобородов // Успехи в химии и химической технологии УралНИИпроект РААСН. – 2011. – №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru> (дата обращения: 27.03.2017).

УДК 691.5

Жукова М. В.

Научный руководитель: Кононова О. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ВЫСОЛОВ С КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

Аннотация. *Представлены современные способы устранения высолов с кирпичной кладки.*

Ключевые слова: *кирпичная кладка, высолы, строительный раствор.*

Строители сегодня часто сталкиваются с появлением высолов на кирпичной кладке зданий и сооружений. Высолы портят не только внешний

вид фасадов, но и могут снизить долговечность кирпичной кладки. В связи с этим анализ причин возникновения высолов и поиск наиболее эффективного способа их удаления является актуальной задачей.

Высолы представляют собой отложения растворимых солей на поверхности и внутри кирпичной кладки. Появление высолов может быть спровоцировано испарением влаги с кирпичной кладки под влиянием миграции влаги и понижением температуры воздуха в ранний период твердения раствора [1]. Хорошо растворимые соли могут присутствовать как в шихте, из которой изготавливается кирпич, так и в строительном растворе. Всесезонность строительства не исключает производство кирпичной кладки и в зимних условиях, когда в состав растворов вводят противоморозные добавки, способные повысить склонность строительных растворов к высолообразованию.

Целью исследования является анализ современных способов устранения высолов с поверхности кирпичной кладки. Задача исследования состояла в поиске наиболее эффективного метода удаления высолов.

Анализ показывает, что разработаны противоморозные добавки, не содержащие растворимых солей. В частности, предложена противоморозная добавка в виде тонкомолотого порошка силиката кальция с фильтратом дрожжевого производства и металлургического шлака с карбонатным наполнителем [2]. Предлагается также обработка поверхности кладки гидрофобизатором на основе длинноцепных олефинов [3]. Применяют метод удаления высолов механическим способом. Зпатентовано средство для очищения кладки от высолов на основе азотной кислоты, тринатрийполифосфата и поливинилового спирта [4]. Средство позволяет очищать поверхность кирпича, не травмируя его микроструктуру.

Выполненные исследования показали, что средства удаления высолов не исключают их повторного появления на поверхности кирпичной кладки, поэтому существует необходимость в разработке составов строительных растворов предупреждающих образования высолов.

Литература

1. Пат. 2198858 Российская Федерация, МПК C04 B 33/08, 33/04 Способ подавления высолов из керамических изделий / В. Н. Махлай, С. В. Афанасьев, А. Я. Гильбух и др. заявитель и патентообладатель ЗАО «Корпорация Тольяттиазот» – К 2001102172/03; заявл. 25.01.2001; опубл. 20.02.2003. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/95-99/2198858.html>. – Дата обращения (20.02.2017).
2. Пат. 2256627 Российская Федерация, МПК C04B7/12, Противоморозная добавка в цементы / Л. И. Худякова, К. К. Константинова, Б. Л. Нархинова, заявитель и патентообладатель Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (БИП СО РАН) – К 2003136833/03;

заявл. 19.12.2003; опубл. 20.07.2005. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/95-99/2256627.html>. – Дата обращения 27.02.2017.

3. Пат. 2400456 Российская Федерация, МПК C04 B 41/62, Гидрофобизатор строительных материалов на основе длинноцепных олефинов / Ю. Г. Будникова и др.; заявитель и патентообладатель ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН – К 2009114028/04; заявл. 13.03.2009; опубл. 27.09.2010. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/240/2400456.html>. – Дата обращения (10.03.2017).

4. Пат. 2100325 Российская Федерация, МПК C04 B 4153 Способ очистки поверхностей из карбонатных, силикатных и алюмосиликатных материалов от загрязнений внешней среды / В. Б. Сигитов, Л. М. Луцкий; заявитель и патентообладатель В. Б. Сигитов, Л. М. Луцкий. – К 96110955/03; заявл. 30.05.1996; опубл. 27.12.1997. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/00-04/2100325.html>. – Дата обращения (14.03.2017).

УДК 691.32

Зайцева Н. О., Синева К. А.

Научный руководитель: Мотовилова Л. П., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СБОРНОГО И МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Аннотация. Проанализированы возможности использования железобетона при строительстве зданий в сборном и монолитном вариантах.

Ключевые слова: сборные железобетонные конструкции, монолитный железобетон.

Железобетонные строительные изделия и конструкции широко применяют в жилищно-гражданском, промышленном, транспортном и других видах строительства.

При возведении зданий и сооружений используются следующие основные типы железобетонных конструкций: фундаменты, колонны, стены, балки, плиты перекрытий и покрытий и др. По способу возведения различают железобетонные конструкции: сборные, изготавливаемые преимущественно на заводах строительной индустрии и затем монтируемые на строительных площадках; монолитные, полностью возводимые на месте строительства; сборно-монолитные, в которых рационально сочетается использование сборных железобетонных элементов заводского изготовления и монолитного бетона. В настоящее время сборные

железобетонные конструкции в наибольшей степени отвечают требованиям индустриализации строительства, хотя следует отметить, что и монолитный бетон в последнее время с каждым годом получает все большее применение. [2].

На первый план выходит проблема выбора: как рационально подобрать наиболее подходящую технологию для строительства.

Актуальность вопроса определяется необходимостью предложений по эффективным методам строительства зданий гражданского и промышленного назначения.

Если провести аналогию между сборным и монолитным железобетоном, то можно заметить существенную разницу.

Многие годы монолитный способ возведения зданий в нашей стране не мог соперничать со сборным строительством по двум важным показателям – трудозатратам и срокам возведения. Существенную проблему представляло и ведение бетонных работ на стройплощадке в зимний период.

Широкие возможности технологии монолитного домостроения позволяют улучшать объемно-планировочные решения квартир и предлагают потребителям более разнообразное и комфортное жилье.

Вместе с тем, монолитное домостроение на сегодняшний день не является еще приоритетно экономичным.

Монолитное домостроение технологически сложнее, чем возведение зданий с несущими кирпичными стенами и сборным железобетонными перекрытиями и требует от исполнителей специальных знаний и навыков, внимательности, ответственности и технологической дисциплинальности. [1].

Строительство из сборного железобетона возможно вести в любое время года при температуре от $+40^{\circ}$ до -20°C . Это сокращает затраты на строительство в зимнее время, так как сборный железобетон не требует морозостойких и ускоряющих затвердевание добавок. Использование монолитного железобетона без добавления специальных компонентов возможно лишь при плюсовой температуре. Это объясняется наличием в бетоне воды, которая при низких температурах замерзает и приводит к разрушению конструкции. Чтобы избежать потери своих качеств, возможно использование специальных добавок, подогрева бетонной смеси или опалубки. Но с другой стороны, различные манипуляции требуют дополнительных финансовых затрат.

К недостаткам можно отнести то, что при использовании сборного железобетона появляются дополнительные затраты на заделку швов и

стыков. Необходимо использовать тяжелые грузоподъемные механизмы.

Целью работы является проработка конструктивных и организационно-технологических решений строительства зданий в сборном и монолитном вариантах.

Рабочая гипотеза предполагает, что использование сборных железобетонных конструкций в строительстве гражданских и промышленных зданий и сооружений позволит сократить сроки строительства и уменьшить трудовые и материальные затраты. Но для конкретных решений целесообразен индивидуальный подход к выбору технологии строительства.

Литература

1. Анпилов, С. М. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона: учебное пособие / С. М. Анпилов. – М.: изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010. – 576 с.
2. Евстифеев, В. Г. Железобетонные и каменные конструкции: в 2 ч. – Ч. 1. Железобетонные конструкции: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 432 с.

УДК 691.175.746.222

Казакова Ю. В., Васильева С. Ю.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУРФУРОЛЦЕТОНОГО МОНОМЕРА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ

Аннотация. *Разработан метод стабилизации грунтов с использованием в качестве стабилизатора фурфуролацетонового мономера.*

Ключевые слова: *грунты, стабилизация, фурфуролацетоновый мономер.*

В последние годы перед дорожной отраслью РФ остро стоят задачи, направленные на дальнейшее развитие сети федеральных, региональных и сельскохозяйственных дорог, которые должны привести к ускорению роста экономики страны. При этом особенно актуальны такие технологии, которые позволяют решить проблемы уменьшения стоимости и сокращения сроков строительства дорог при одновременном повышении их надежности и обеспечении всесезонности эксплуатации.

Одним из таких направлений, позволяющим успешно решать стоящие перед страной инфраструктурные задачи, является технология стабилизации и укрепления грунтов, которая находит все более широкое распространение в мире. Для этих целей используется достаточно большая группа поверхностно-активных веществ (ПАВ) – стабилизаторов грунтов на органической, щелочной и кислотной основе, смолы, полимерные стабилизаторы грунтов.

Отечественное дорожное строительство основывается на применении инертных материалов (песок, щебень) и полностью зависит от их наличия в том или ином регионе, так как именно они предполагают использование типовых конструкций дорожных одежд для строительства и ремонта объектов транспортной инфраструктуры. Но такой подход ведет к увеличению стоимости строительства и ограничению возможности создания широкой сети автомобильных дорог в достаточно сжатые сроки, так как во многих регионах нашей страны эти материалы отсутствуют или имеются в ограниченных количествах. При этом очень часто местные грунты совершенно непригодны для использования в дорожном строительстве, а доставка инертных материалов, особенно качественного щебня, к месту производства дорожно-строительных работ ведет к удорожанию этих материалов в несколько раз. Одним из решений данной проблемы наряду с использованием традиционных технологий могло бы стать более широкое применение при строительстве и ремонте дорог технологии стабилизации и укрепления местных грунтов.

Технико-экономические расчеты, проведенные на основе фактических производственных затрат и сроков строительства, показывают, что применение в дорожных конструкциях слоев из укрепленных местных грунтов вместо устройства конструктивных слоев из привозных инертных материалов приводит к снижению стоимости строительства дорог на 10-30 %. Важно отметить, что укрепленные местные грунты можно эффективно использовать при строительстве дорог I–V технических категорий и аэродромов. При этом на дорогах I–II технических категорий укрепленные грунты, как правило, используют в качестве нижних слоев оснований, а на дорогах III–V категорий они могут быть применены также и при устройстве верхних слоев оснований и покрытий.

Применительно к отечественной практике дорожного строительства следует различать следующие технологии: стабилизацию, комплексную стабилизацию и комплексное укрепление грунтов. Технологии обработки грунтов для их стабилизации (модификации) и/или укрепления реализуются с помощью сходной технологии производства

работ, в основе которой лежит равномерное объединение грунта с добавками (гомогенизация) и его максимальное уплотнение при оптимальной влажности. Различие в физико-механических свойствах полученной грунтовой смеси зависит от вида и количественных соотношений стабилизатора и вяжущего в грунте. Структурообразование в таких системах зависит:

- от состава и свойств связных грунтов;
- количества и концентрации вяжущего;
- состава и свойств стабилизатора;
- количества и концентрации стабилизатора.

Современные ПАВ-стабилизаторы имеют сложные, многокомпонентные системы, включающие:

а) кислые органические продукты, суперпластификаторы и другие вещества, такие как Roadbond (США), «Дортех» (РФ), RRP-235-Special (Германия), EH-1(США), SPP (ЮАР), «Статус 3» (РФ), CBR+ (ЮАР), RoadPacker Plus (Канада), Terrastone (Германия), Stabibud (Польша), Enviroseal LBS (США) и другие. Этот вид ионных стабилизаторов является наиболее распространенным, хотя имеет ряд важных особенностей по применению, а именно: ограничение по кислотности обрабатываемых грунтов, высокий класс опасности, высокое коррозионное воздействие на дорожно-строительную технику.

б) низкомолекулярные органические комплексы, такие как «Дорзин» (Украина), Perma-Zume (США), Ecoroads (США), «АНТ» (РФ) и другие. Ионоактивные органические ПАВ-стабилизаторы глинистых грунтов могут преобразовывать их, используя имеющиеся в них ферменты.

в) жидкие силикатно-, акрилово-, винил-ацетатные, стирол-бутадиеновые полимерные композиции, такие как Nanostab (Германия), Enviro Solution JS (США), Technisoil (США), Andor (Израиль), Consolid (Швейцария), Solitac (США), Enviroseal M10+50 (США) и другие. Исследования, проведенные в США, Европе и ряде других стран, показали, что полимерные стабилизаторы грунтов при их технологичности и экологичности обеспечивают значительное увеличение несущей способности обработанных грунтов и могут использоваться для решения сложных инженерных задач.

Нами предлагается использовать в качестве стабилизатора грунта фурфуролацетоновый мономер с добавкой 1% сульфанола. Как показали испытания, на 1 кв. м дороги используется 7 кг фурфуролацетоновой смолы, при этом ее стоимость в 40 раз дешевле используемых ПАВ. Полученное покрытие отличается высокой гидрофобностью, масло-, бензостойкостью, высокой прочностью.

Лешканов А. Ю., Смирнов А. О.
Научный руководитель: Кононова О. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МОДИФИЦИРОВАНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ УСКОРИТЕЛЯМИ ТВЕРДЕНИЯ

***Аннотация.** Исследованы модифицирующие добавки для бетонов, ускоряющие процесс твердения. Рассмотрен состав и принцип действия ускорителя Master X-CEED 100. Показаны основные характеристики бетонов, модифицированных ускорителями твердения.*

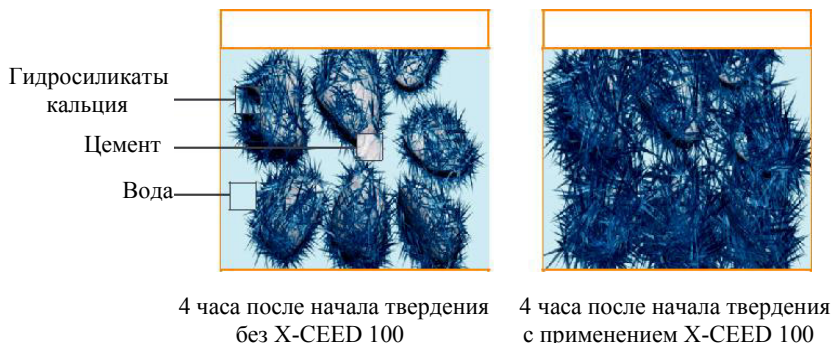
***Ключевые слова:** бетон, модификатор, ускоритель твердения, ранняя прочность, проектная прочность.*

Современная технология производства бетона не обходится без применения различных модифицирующих добавок, среди которых можно выделить структурирующие, пластифицирующие, поро- и газообразующие, регулирующие скорость твердения, а также комплексные модификаторы полифункционального действия [1]. Важную роль в оптимизации скорости строительства играют ускорители твердения бетонов, от которых прямым образом зависит время набора прочности как монолитного бетона, так и сборных железобетонных конструкций.

Ускорители твердения представляют собой добавку, выпускаемую в разных составах, как правило, это растворы хлористых солей (например, хлористого кальция, натрия и др.). В современное время начали использоваться и другие добавки, например, сульфат натрия, нитрит кальция, нитрат натрия, алюминат натрия и другие. Они оказывают воздействие на бетонную смесь, активируя процесс гидратации цементного клинкера, что ведет к более быстрому образованию продуктов гидратации, обладающих высокой прочностью. За счет ускорителей твердения бетона можно снизить расход цемента, увеличить оборачиваемость опалубки, что ведет к снижению себестоимости бетона и повышению темпов строительства [1, 2].

Зарубежные компании предлагают ускорители твердения бетонов, коренным образом отличающиеся составом. К примеру, в ассортименте продукции немецкой компании Basf имеется ускоритель твердения Master X-CEED 100, представляющий собой суспензию частиц наноразмера, который ведет к ускорению процесса гидратации на ранних сроках

(первые 6-12 часов). Благодаря уникальной технологии, указанный модификатор образует дополнительные центры кристаллизации гидросиликатов кальция между цементными зернами, что значительно ускоряет развитие ранней прочности, пока окончательная микроструктура не достигнет схожих или улучшенных показателей [2, 3]. Дозировка такой добавки незначительна и не ведет к заметному удорожанию бетонов, составляет всего 1,0-4,0% от массы цемента. На рисунке показано действие Master X-CEED 100. На макрофотографии видно, как ускоритель твердения создаёт дополнительные центры кристаллизации, и интенсифицирует рост новообразований между частицами цемента [3].



Влияние Master X-CEED 100 на рост кристаллов в первые 4 часа твердения цементной системы

Необходимо отметить, что применение «классических» ускорителей твердения не позволяет обеспечить высокую раннюю прочность бетона в возрасте 12 часов и достаточную проектную прочность (на 28 суток) без обогрева бетона на обычных портландцементях. В этой связи наиболее перспективным представляется сочетание ускорителей твердения и суперпластификаторов [1, 2].

Применение ускорителя твердения совместно с суперпластификаторами на основе поликарбоксилатов приводит к увеличению прочности бетона до 300% на 1-ые сутки, до 200% на 3-и сутки и до 150% на 28 суток [1].

Таким образом, ускорители твердения являются универсальной добавкой в современной бетонной матрице, область его распространения велика. Высокая ранняя прочность бетонных конструкций, инициируемая добавлением этих добавок, позволяет снизить сроки строительства. Эффективно применение ускорителей твердения с пластифицирующи-

ми добавками. Следует отметить, что себестоимость бетона при добавлении ускорителей не увеличивается за счет снижения расхода цемента и незначительной дозировки модификатора, что привлекательно для производителей бетона.

Литература

1. Исследование влияния комплекса модификаторов на кинетику твердения бетонов / С. Н. Анисимов, О. В. Кононова, А. Ю. Лешканов и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.science-education.ru/ru/article/view?id=14082 (дата обращения: 25.03.2017).
2. Принципы выбора комплексных добавок для беспропарочной технологии производства бетона и железобетона / А. Ф. Серенко, Т. М. Петрова, М. И. Милачев и др. // Строительные материалы. – 2007. – №10. – С. 62-63.
3. Master X-Seed 100 – Erhärtungsbeschleuniger für Beton nach SN EN 934-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.master-builders-solutions.basf.ch/de-ch/produkte/master-x-seed/410> (дата обращения: 28.01.2016).

УДК 69.05

Лутошкин С. В., Лутошкина А. М.

Научный руководитель: Сленьков В. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

***Аннотация.** Рассмотрен вопрос разработки календарного плана при строительстве с использованием программных продуктов.*

***Ключевые слова:** календарный план, графики производства работ.*

Информационные технологии в строительной сфере в настоящее время играют определяющую роль. На практике часто имеет место невыполнение договорных обязательств между заказчиками и подрядчиками ввиду отсутствия планирования выполнения работ и отслеживания фактического освоения в режиме реального времени.

Календарный план разрабатывают с целью нахождения целесообразной модели организации и технологии работ на строительной площадке, выполняемых всеми рабочими при продуктивном применении доступных трудовых и материальных ресурсов с целью запуска объекта в поставленные сроки.

Существующий сегодня порядок разработки календарного плана предполагает составление перечня работ и определение их объемов, выбор методов производства, расчет нормативной трудоемкости, определение состава бригад, технологического порядка выполнения работ, продолжительности работ и их совмещение, корректировка числа исполнителей и сменности, а также сопоставление расчетной длительности с нормативной и внесение коррективов.

Как правило, сейчас графики производства работ составляются методом «от технологий», при котором необходимо каждую работу и её составляющие задавать вручную, исходя из технологий производства работ при возведении зданий и сооружений. Данный процесс подразумевает нерациональное использование рабочего времени специалистов.

Если календарный план будет формироваться на основании ранее созданных смет, то больше половины вышеперечисленных позиций будет реализовано автоматически. Это сокращает срок формирования календарного плана как минимум в два раза за счет сформированного перечня выполняемых работ и их составляющих (состав работ, используемые материалы и механизмы, рабочая сила). Для создания планов производства работ в максимально приближенном варианте к технологии строительного процесса от смет необходимо использовать или разрабатывать соответствующее программное обеспечение.

Литература

1. Колыванов, В. Ю. Стратегическое планирование развития строительного предприятия / В. Ю. Колыванов, Г. М. Гаджиев // Актуальные проблемы развития мировой экономики: матер. Всерос. науч.-практ. конф., 4-6 дек. 2007 г. – Махачкала: ДГТУ, 2007. – Ч. 1.
2. Михайлов, А. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование: учебное пособие / А. Михайлов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 296 с.

Смирнов А. О., Лешканов А. Ю.

Научный руководитель: Кононова О. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНАХ

***Аннотация.** Проанализированы закономерности формирования структуры бетонов с минеральными добавками. Исследовано влияние микрокремнезема на прочностные характеристики модифицированных бетонных смесей.*

***Ключевые слова:** бетон, минеральные добавки, микрокремнезем, суперпластификатор, прочность, расход цемента.*

Современная технология изготовления бетона предлагает широкое использование разнообразных добавок для направленного изменения его свойств и экономии основных ресурсов. Для различных видов строительных работ требуются бетоны и цементные растворы, отвечающие различным, порой специфическим, требованиям по прочности, водонепроницаемости, стойкости к действию агрессивных сред и т. п. Разнообразить номенклатуру выпускаемых бетонов и растворов помогают многочисленные добавки, позволяющие достигать требуемых характеристик составов с одновременным снижением расхода цемента. Наиболее перспективными добавками, позволяющими повысить плотность, прочность и коррозионную стойкость бетонов, являются минеральные добавки, представляющие собой порошки различной минеральной природы, получаемые на основе природных материалов и техногенного сырья [1, 3].

За рубежом и у нас в стране в последнее время стали широко использовать кремнеземсодержащую добавку микрокремнезем. Это высокодисперсный активный порошок аморфного кремнезема – побочный продукт производства ферросилиция. В процессе плавления шихты и восстановления кварца при температуре свыше 1800 °С образуется газообразный кремний, который при охлаждении и контакте с воздухом окисляется до SiO_2 и конденсируется в виде сверхмалых частиц кремнезема. Содержание SiO_2 в микрокремнеземе составляет 85-98%. Частицы микрокремнезема имеют гладкую поверхность и сферическую форму. Средний размер частиц составляет 0,1-0,2 мкм, а удельная площадь поверхности – от 13000 до 25000 м²/кг [1].

Исследованием физико-химических процессов, протекающих при гидратации цементов, содержащих активный кремнезем в виде тонкодисперсных добавок, и изучением их свойств занимались многие ученые в нашей стране. Формирование цементного камня в присутствии таких добавок основано на взаимодействии гидроксида кальция, выделившегося при гидратации цемента, с активным кремнеземом добавки. При этом образуются прочные и устойчивые низкоосновные гидросиликаты кальция. Уменьшается размер пор вследствие трансформации части капилляров в гелевые поры. Это снижает проницаемость, повышает стойкость к агрессивным средам, приводит к росту долговечности бетона [1, 2].

Однако значительная водопотребность таких добавок может в разной степени увеличивать пористость затвердевшего материала и отрицательно влиять на многие свойства. Так, например, снижается прочность и морозостойкость цементных композитов [1].

Данную проблему можно решить с помощью применения высокоэффективных добавок-пластификаторов для регулирования реологических свойств бетонных смесей. Наибольшей эффективностью среди таких добавок обладают суперпластификаторы на поликарбоксилатной основе [2, 3].

Целью исследования являлась разработка рациональных составов бетонов с повышенными физико-техническими свойствами.

Задача исследования – изучение влияния добавки микрокремнезема на прочность бетона, модифицированного поликарбоксилатным суперпластификатором Glenium® ACE 430.

Использование поликарбоксилатного суперпластификатора как водоредуцирующего компонента позволило существенно снизить водопотребность бетонной смеси с добавкой микрокремнезема [4].

Совместное применение микрокремнезема и суперпластификатора в рациональных пропорциях повысило прочность бетона до 50% на 28 сутки твердения в сравнении с контрольным составом без добавок [4].

Результаты исследований показали реальную возможность экономии до 40% цемента без снижения прочности бетона. Получены составы бетона, которые соответствуют классу В25 при расходе цемента всего 210 кг/м³, В20 при расходе цемента 180 кг/м³ [4].

Таким образом, разработка эффективных multifunctional добавок на основе мелкодисперсных минеральных порошков и поликарбоксилатных пластификаторов, несомненно, является актуальной задачей, решение которой позволит существенно повысить эксплуатационные характеристики бетонных смесей при одновременном снижении расхода цемента.

Литература

1. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В. Г. Батраков. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
2. Каприелов, С. С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива / С. С. Каприелов, В. Г. Батраков, А. В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – № 6. – 1999. – С. 6-10.
3. Селяев, В.П. Многофункциональные модификаторы цементных композитов на основе минеральных добавок и поликарбоксилатных пластификаторов / В. П. Селяев, Т. А. Низина, А. В. Балбалин // Вестник ВГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. – 2013. – № 31-2 (50). – С. 156-163.
4. Пластифицированные малоцементные бетоны с добавкой микрокремнезема / Ю. А. Минаков, О. В. Кононова, С. Н. Анисимов и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21300> (дата обращения: 30.03.2017).

УДК 691.32

Смоленцев А. С., Суворов И. С.

Научный руководитель: Кононова О. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПУТИ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА НЕПРЕРЫВНОГО ФОРМОВАНИЯ

Аннотация. *Представлены результаты исследования возможности снижения себестоимости керамзитобетона.*

Ключевые слова: *керамзит, керамзитобетон, «Полипласт БФ», непрерывное формование.*

Сегодня в строительстве актуальной остается задача создания комфортного, безопасного, эргономичного и экологически чистого пространства для обитания и жизнедеятельности людей. При этом необходимо стремиться к решению этой задачи за счет рационального использования местного минеральных ресурсов, что позволит, не только повысить качество жилья, но и снизить его стоимость. Добиться этого можно применением новых технологий и качественных местных материалов.

Одним из наиболее привлекательных стеновых материалов является керамзитобетон. Благодаря широкому распространению керамического сырья, керамзит занимает ведущее место в производстве искусственных пористых заполнителей [1]. Изделия из керамзитобетона уже давно присутствуют на рынке, и всем они хорошо знакомы, однако потенциал у этого материала еще не до конца использован. Речь идет о применении керамзитобетона в технологии непрерывного формования. В данной технологии особенно заинтересованы заводы ЖБИ благодаря развитию индустриальных методов производства.

Целью исследования является разработка рациональных составов керамзитобетона для технологии непрерывного формования.

Задача состояла в изучении путей снижения себестоимости керамзитобетонных изделий без снижения технических характеристик.

Керамзитобетон применяют для производства наружных стеновых панелей при строительстве гражданских, жилищных и промышленных зданий. Главнейшими его свойствами являются: низкая теплопроводность, низкая средняя плотность, достаточная прочность и трещиностойкость. Эти свойства обеспечиваются применением соответствующих исходных материалов, составом бетонной смеси, ее однородностью и удобоукладываемостью, технологией изготовления панелей. С целью улучшения качества керамзитобетона предлагается применять в составе смешанный керамзитокварцевый песок и добавку ЦНИПС-1 [2].

Для проведения эксперимента был приготовлен базовый состав смеси на основе керамзитового песка с уже изученными ранее характеристиками. В рамках технологии непрерывного формования с целью повышения трещиностойкости керамзитобетона была применена пластифицирующая добавка «Полипласт БФ» [3, 4].

Исследования показали, что одним из вариантов снижения себестоимости керамзитобетона является регулирование содержанием керамзита и частичная замена более дорогого керамзитового песка менее дорогим керамзитовым гравием.

Установлено, что в рамках технологии непрерывного формования с применением добавки «Полипласт БФ» без снижения прочности керамзитобетона, управляя составом керамзитобетонной смеси, можно понизить себестоимость 1 м³ керамзитобетона на 500 руб.

Литература

1. Суворов, И. С. Совершенствование состава керамзитобетона для непрерывного формования [Текст] / И. С. Суворов, А. С. Смоленцев // Стратегии развития региона на основе модернизации приоритетных отраслей его экономики: материалы междунар. научн.-практ. конференции. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 85-89.
2. Керамзитобетон [Электронный ресурс] // ТОО «Стройкомбинат» [Сайт]. – Режим доступа: <http://stroykombinat.com/publ/stati/keramzitobeton/3-1-0-2>. – Дата обращения (03.04.2017).
3. Смоленцев, А. С. Изучение влияния добавки Полипласт БФ на свойства керамзитобетона [Текст] / А. С. Смоленцев, И. С. Суворов // Научному прогрессу – творчество молодых: материалы XI междунар. молодежной научн. конференции. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. – С. 212 - 215.
4. Лихачев, А. В. О некоторых особенностях работы бетонной добавки «Полипласт БФ» производства ОАО «Полипласт» / А. В. Лихачев, И. С. Булгакова // Строительная орбита. – 2012. – № 11. – С. 38-40.

УДК 691.175.746.222

Табаринов Р. А., Васильева С. Ю.

Научный руководитель: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор
Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ДЛЯ ПОЛИСТИРОЛАКРИЛОВЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛАКОВ И КРАСОК

Аннотация. Разработан метод получения полистиролакриловых эмульсий на основе отходов полистирола для получения лаков и красок.

Ключевые слова: отходы полистирола, ультразвуковое облучение, растворители, метакриловые мономеры.

В настоящее время огромное количество отходов полистирола (П) скопилось и вывозится на полигоны ТБО и свалки по всей России (скопилось не менее 1,5 млн. тонн – это более 15 млн. кубических метров очень опасных отходов, с высокой степенью пожароопасности, которые надо немедленно утилизировать. Вовлечение в народно-хозяйственный оборот отходов П (второй наряду с ПВХ по объему выпуска полимеров в мире) позволит исключить традиционное сжигание и загрязнение атмосферы.

Простейший расчет показывает, что в условиях замены даже части красителей и лаков (700 – 1000 руб. за 1 кг) наши производственные издержки перевода отходов П составят максимум 150-190 руб. Минимальная прибыль при сохранении существующего уровня цен 500-750 руб. за кг. При потреблении совокупно промышленностью и населением 800 тысяч тонн за 2015 год – это 500 млн. руб./год, и это, не считая возможного использования в связующих для литья, рынок которых базируется на дорогих феноло-формальдегидных, карбаминовых и фурановых смолах. При объемах выпуска в России связующих даже 60 тыс. тонн и стоимости 50-300 тысяч рублей за тонну – это составит минимум 150-300 млн. руб. в год. (В Европе только для литевых форм потребность составляет 400 тыс. тонн в год). Привлекает «нулевая» стоимость отходов полистиролов разных марок от ПСБ10 до 35, используемых в тысячах различных изделий от строительства до пищевой индустрии. Выпуск полистирола на эти цели составляет 30-40 кг/человека в нашей стране и в два раза больше на Западе, 10-15% этого количества идет в отходы во время первичного использования, еще больше – по мере «старения» и потери потребительских качеств вышеуказанного по многим причинам. До сих пор полистиролом забиваются полигоны ТБО населенных пунктов России и мира. Сжигание практически невозможно из-за огромного сажеобразования и возможности образования диоксинов.

Мы предлагаем рассматривать эти отходы как сырье, подвергнутое специальной обработке (СВЧ, ультразвук, механохимия), которое может быть использовано для создания многих клеев, связующих и красителей с сопоставимыми или превышающими ГОСТы характеристиками, что позволит не только удешевить продукцию, но и заменить дорогостоящую импортную продукцию.

Для получения полистиролакриловых эмульсий использовались отходы эмульсионного и суспензионного полистирола, который предварительно обрабатывался небольшим количеством ацетона 5 % от массы полистирола, затем эту смесь подвергали в течение 2-3 часов ультразвуковому облучению в смеси с водой и различными метаркиловыми мономерами и олигомерами, такими как метилметаркилат, этилметакрилат, триэтиленгликольдиметаркилат, олигоуретандиметакрилат. Полученную полистиролакриловую эмульсию фильтровали от нерастворенных частиц полистирола. Выход эмульсии составил 65 %. Полученная водно-дисперсионная полистироакриловая эмульсия может быть использована для получения лаков и красок.

Ткаченко Г. М., Заричный А. В.

Научный руководитель: Бойкова М. Л., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СПЕЦИФИКА ПРАВОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

***Аннотация.** Представлен анализ проблем жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации.*

***Ключевые слова:** ЖКХ, законодательство, бюджет, РФ.*

Рассматривается задача определения наиболее оптимальных решений для улучшения условий жизнедеятельности населения.

На сегодняшний день не наблюдается явного прогресса в отношении защиты прав потребителей, которые должны быть обеспечены бесперебойными и качественными коммунальными услугами, несмотря на все усилия государства по решению данной проблемы.

Данный обзор является весьма своевременным и актуальным в связи с тем, что в период реформирования ЖКХ и сопровождающими его негативными процессами, преобладающее население страны испытывает серьезные проблемы от высоких платежей за услуги ЖКХ и постоянно-го роста тарифов.

Положение граждан (потребителей) в сфере потребления жилищно-коммунальных услуг усугубляется не столько происходящими в стране негативными процессами, сколько неправомерными действиями лиц, занимающихся управлением жилищно-коммунальным хозяйством и обслуживанием населения в этой отрасли, по различным причинам, а в некоторых случаях и умышленно в нарушающих действующее законодательство путем завышения стоимости жилищно-коммунальных услуг.

Согласно информации, содержащейся в письме Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 8 февраля 2006 г. № 0100/1260-06-32 «О повышении эффективности работы, связанной с обеспечением защиты прав потребителей в сфере жилищного строительства и при предоставлении жи-

лично-коммунальных услуг», основу претензий потребителей, как правило, составляют:

- несоблюдение соответствующими организациями-исполнителями жилищно-коммунальных услуг требований действующего законодательства по оформлению договорных отношений;
- навязывание условий предоставления жилищно-коммунальных услуг, ущемляющих права потребителей;
- несоблюдение установленного порядка начисления и оплаты жилищно-коммунальных услуг;
- нарушение требований к качеству жилищно-коммунальных услуг и односторонний отказ от исполнения соответствующих обязательств, связанных с тепло-, водо- и электроснабжением жилых помещений (квартир) граждан.

Прежде чем ответить на вопросы, которые обычно встают перед потребителем в сфере ЖКХ, постараемся проанализировать отечественную сферу ЖКХ на предмет соответствия существующей законодательной базы.

Конституция Российской Федерации провозглашает, что человек, его права и свободы являются высшей ценностью. Признание, соблюдение и защита прав человека и гражданина – обязанность государства, поэтому политика российского «государства направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека».

Одной из сфер хозяйства, с которой человек сталкивается постоянно в процессе своей жизнедеятельности, является предоставление ему комплекса жилищно-коммунальных услуг.

В этой связи первоочередной задачей публичной власти является непосредственное обеспечение оптимальных условий для жизнедеятельности населения. Общественные отношения в области жилищно-коммунального хозяйства подвергаются регулированию со стороны государства достаточно давно, однако, вместе с тем урегулированы они не в полной мере.

В Бюджетном кодексе РФ в разделе классификации расходов бюджетов было названо жилищно-коммунальное хозяйство, в составе которого представлены раздельно жилищное и коммунальное хозяйство, а также благоустройство и иные вопросы в области ЖКХ. Однако благоустройство Кодекс не отнес ни к жилищному хозяйству, ни к коммунальному. Следуя данной логике, можно было также выделить, например, освещение улиц, однако этого сделано не было. На мой взгляд, за-

конодателем благоустройство неоправданно было обособлено либо от коммунального хозяйства, либо от других вопросов в области ЖКХ. Кроме того, отсутствие определенности относительно того, что включают в себя категории «жилищное хозяйство», «коммунальное хозяйство», другие вопросы в области ЖКХ, вызывает трудности на практике и порождает вопросы, касающиеся отграничения указанных терминов друг от друга.

На сегодняшний день существует огромное количество нормативных актов как оперирующих термином «ЖКХ», так и косвенно раскрывающих его суть через определение смежных с ЖКХ понятий. Однако вывод один: нет единого понятийного аппарата, включающего в себя специфические термины в области ЖКХ, отсюда различные коллизии и ошибки, а значит, и судебные споры.

Литература

1. Карпов, А. Е. Современные экономические модели управления многоквартирными домами / А. Е. Карпов // ЖКХ: Экономика и управление предприятием ЖКХ. – 2008. – № 3 (часть 1). – С. 3-5.
2. Качесова, Т. ЖКХ как сфера инвестиций / Т. Качесова // Жилищно-коммунальный комплекс Урала. – 2008. – № 9(52). – С. 31-33.
3. Керимов, В. Э. Анализ соотношения «затраты-объем-прибыль» / В. Э. Керимов, О. А. Рожнецкий // Менеджмент в России и за рубежом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/press/management/2000-4/12.shtml>.
4. Ковалев, В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры / В. В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 58 с.
5. Ковалев, В. В. Введение в финансовый менеджмент / В. В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 512 с.
6. Колесников, И. В. Развитие конкурентных отношений в сфере управления жилой недвижимостью / И. В. Колесников // ЖКХ: Экономика и управление предприятием ЖКХ. – 2007. – № 8(часть 1). – С. 30-32.
7. Копылов, А. Г. Расчетно-информационные системы управления в ЖКХ / А. Г. Копылов // ЖКХ: Экономика и управление предприятием ЖКХ. – 2008. – № 12 (часть 1). – С. 34-38.

Торопов А. С.

Научный руководитель: Сленьков В. А., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН – ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Представлены виды бетонов.

Ключевые слова: бетон, железобетон.

Бетон и железобетон – основные материалы в строительстве.

Железобетон и бетон на сегодняшний день – самые востребованные в строительстве материалы. Их выпуск в любой стране исчисляется миллионами тонн. На современной стройке они присутствуют обязательно, так как необходимы как минимум для устройства фундамента.

Железобетон. Железобетон – тут название говорит само за себя, это композиционный материал из бетона и стальной арматуры, предотвращающей деформирование конструкции при ее растяжении и сжатии. [1].

Обычный бетон отличается низкой устойчивостью к растяжению, что приводит к разрушению готовых конструкций при воздействии незначительных нагрузок. Стержни из стали отличаются многократно большей устойчивостью к таким воздействиям, как сжатие, растяжение, кручение. Именно поэтому бетонная конструкция, армированная стальными прутками нужного сечения, способна вынести значительные разрушающие нагрузки.

Механические свойства стали и бетона позволяют создавать этот самый композиционный материал с учетом их особенностей: высокая прочность армировки при сжатии и растяжении, адгезивные возможности бетона по отношению к стали, способность к равнозначному изменению длины при температурных перепадах. Уменьшающийся в объеме твердеющий бетон стискивает арматуру и увеличивает прочность соединения с ней.

Сравнительно низкая способность бетона к проводимости тепла лежит в основе производства изделий из железобетона. Мы же получаем высокопрочную, а в зависимости от назначения, еще и элегантную конструкцию.

Бетон. Затвердевшая специальная смесь из искусственного каменного и вяжущего материала, различных наполнителей и воды именуется

бетоном. Присадки, вводимые в бетонную смесь, предназначены для улучшения ее характеристик.

Этот материал необходим во всех без исключения отраслях строительства и по праву признан основным. Несомненным преимуществом и бетона, и железобетона являются низкая себестоимость за счет работы на местном сырье и возможность их использования в широком спектре технических и архитектурных конструкций

Материалы этой группы отличаются такими превосходными свойствами, как долговечность, пожаробезопасность, широкий диапазон изменения плотности и прочности. К недостаткам стоит отнести низкую стойкость к растяжению, гораздо меньшую, чем способность к сжатию. Этот недостаток нивелируется принятием армировкой растягивающего напряжения на себя.

В зависимости от типа связующих веществ различают гипсовый, цементный, силикатный, специальный и смещанный бетон.

С учетом заполнителей различают плотные, пористые и специальные (жаро- и химически устойчивые) бетонные смеси. В качестве локальных заполнителей могут выступать гравий, щебень и песок.

По индексу плотности бетон бывает таких разновидностей:

- особо тяжелый с заполнителями (барит, магнетит, лимонит) для изготовления защищающих конструкций, имеющих плотность не ниже 2400 кг/м^3 ;

- тяжелый с песком или гравием, имеющий показатель плотности 2300 кг/м^3 ;

- облегченный, при плотности 2100 кг/м^3 ;

- легкий, ячеистый и крупнопористый (керамзито-, пено-, газобетон), имеющий плотность маленькую, 1800 кг/м^3 ;

- особо легкий, при плотности меньше 500 кг/м^3 [2].

Последние широко используются в роли изолирующего материала.

В сравнении с тяжелым легкий бетон отличается меньшим показателем теплопроводности. Поэтому он широко применяется при изготовлении ограждений и теплоизоляции. При возведении несущих элементов необходим бетон прочнее и плотнее (более 1500 кг/м^3).

Под термином «ячеистый бетон» имеется в виду материал искусственного происхождения, легкий и с включением неорганических компонентов, основной из которых – воздух, на его долю приходится больше, чем $1/2$ объема готового изделия. Получить такую смесь можно, скомпоновав в необходимых пропорциях вяжущий компонент, воду и порообразователь. В итоге получается ячеистый, обладающий низкими плотностью и теплопроводностью, бетон, считающийся легкой разном-

видностью. Различия состоят в методе создания пористой структуры, видах вяжущих веществ, условиях формирования. Пористость регулируется в процессе изготовления, что позволяет получить конечный продукт разной плотности и технического назначения.

Проектирование железобетонных конструкций ведется с учетом таких первостепенных характеристик, как класс по прочности (марка стройматериала), стойкость к влаге и низким температурам, что обеспечивается однородностью бетонной смеси.

Уход за бетоном. Отвердевшим в нормальных условиях считается бетон, вылежавшийся в течение 28 суток после укладки. Сохранить влагу для предупреждения растрескивания при застывании можно с помощью полива. На уложенный отвердевший бетон наносится слой битумной эмульсии или полиэтиленовая прокладка [3].

Широкий спектр бетон получил за счет того, что бетону можно придать различные характеристики с заданными свойствами и формы.

Литература

1. СНиП 52-01-2003. – М.: ДЕАН, 2005. – 332 с.
2. Бетоны. Материалы. Технологии. Оборудование. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 384 с.
3. СП 70.13330.2012. – М., 2013. – 196 с.

УДК 691.175

Федорова Е. А., Захарова О. В.

Научные руководители: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор;

Васильева С. Ю., старший преподаватель

Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСТОЙКОСТИ ЛАКА НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛАЦЕТОНОВОГО МОНОМЕРА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

Аннотация: *Разработан новый лак для древесины на основе фурфуролацетонового мономера и уретанового олигомера. Исследована биостойкость лаковых покрытий.*

Ключевые слова: *фурфуролацетоновый мономер, лак, древесина, биостойкость.*

Древесина – один и наиболее уязвимых и мягких строительных материалов, однако она обладает полезными свойствами, выделяющими ее среди прочих. К тому же проживать в доме из дерева чрезвычайно комфортно. Чтобы дерево прослужило долго, нужно его обязательно обрабатывать специальными защитными покрытиями [1, с. 124].

Помимо этого, древесина – эластичный материал, чья форма, объем и размеры изменяются в зависимости от влажности и температуры окружающего воздуха. Лаки и краски, которые применяют для окрашивания деревянных поверхностей при наружных работах, должны обладать повышенной эластичностью. Поэтому для защиты древесины используются акриловые, алкидные, алкидно-уретановые лаки. Данные лаки имеют повышенную стойкость к воде, УФ, ударам, истиранию, отслаиванию и растрескиванию древесины. Уайт-спирит обычно для них служит разбавителем. Иногда в состав лаков вводят добавки, которые защищают обрабатываемую поверхность от грибов, плесени, жучков и водорослей [2, с. 32].

В связи с вышеуказанными недостатками современных лаковых покрытий, нами разработан новый уретановый лак без растворителя, содержащий в своей структуре биоцидные добавки. Данный полиуретановый лак состоит на основе неперекисного уретанового олигомера и фурфуролацетового мономера, которые не испаряются, и поэтому не представляют опасности для человека во время работы. Благодаря отсутствию компонентов лака, которые бы реагировали с влагой воздуха, он отлично сохраняет свои технологические свойства, до облучения ультрафиолетом. Время отверждения лакового покрытия под ультрафиолетовым облучением составляет от 5 до 30 сек. Полученное лаковое покрытие по дереву отличается высокой устойчивостью к истиранию и УФ-лучам, водостойкостью, паропроницаемостью, необходимой для предотвращения растрескивания древесины. Фурфуролацетовые мономеры хорошо впитываются в древесину и обеспечивают дереву высокую биологическую стойкость к плесневым грибам и древоточцам. Отсутствие токсичных и горючих органических растворителей обеспечивает пожаробезопасность таких лаков [3, с. 16].

Для создания лака были использованы уретановый неперекисный олигомер – олигоуретандиметакрилат (ОУДМ) на основе простого полиэфира - полифурита, 4,4'-дифенилметандиизоцианата и монометакрилового эфира этиленгликоля. Синтез проводили при температуре 70°C в течение 3-х часов при перемешивании.

Для получения полиуретанового лака готовили смесь из ОУДМ и фурфурола, соотношение компонентов смеси (фурфуrolа и ОУДМ) составляло 1:1. В смесь также добавляли п-бензолсульфокислоту в количестве 2% от массы фурфуrolа. Сополимерзацию полученной композиции проводили под воздействием ультрафиолетового (УФ)-облучения. Источником УФ-облучения служила ртутная лампа высокого давления ДРТ-400. Расстояние источника света до облучаемых образцов составляло 14 см. В качестве фотоинициатора использовали бензофенон. В ходе УФ-облучения смеси происходит отверждение лаковых покрытий. Полученные полиуретановые покрытия исследовались на биостойкость, в частности на стойкость к обрастанию плесневыми грибами древесины, на которую было нанесено наше модифицированное покрытие. Эксперимент на оценку грибостойкости материала проводился в соответствии с ГОСТ 9.048-89. Для испытаний использовались следующие виды грибов: *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus terreus* Thom, *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud, *Paecilomyces variotii* Bainier, *Penicillium funiculosum* Thom, *Penicillium ochro-chloron* Biourge, *Scopulariopsis brevicaulis* Bainier, *Trichoderma viride* Perseus S. F. Gray. Для проведения исследования готовили суспензию спор грибов с концентрацией 1-2 млн/мл (определяли по камере Горяева, которую использовали для заражения). Образцы помещались в чашки Петри на питательную среду Чапека и обрабатывались суспензией спор грибов. Эксперимент проводился в течение 28 суток.

В ходе исследования было обнаружено, что покрытие древесины полиуретановым лаком нашего состава полностью защищает древесину от воздействия плесневелых грибов. Помимо этого, придает древесине эстетичный вид и препятствует проникновению влаги внутрь древесины, что также предотвращает возможность гниения древесины.

Дальнейшие исследования лаковых покрытий в оптический микроскоп при 60-кратном увеличении показали, что в исследуемом образце не было обнаружено спор грибов, в отличие от контрольного образца.

Таким образом, использование фурфуrolацетонного мономера в качестве фунгицидной добавки в полиуретановый лак позволяет повысить биостойкость лаковых покрытий для дерева, при этом не принося вреда человеку и окружающей среде.

Литература

1. Жуков, Е. В. Технология защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: учебник для вузов / Е. В. Жуков, В. И. Онегин. – М.: Экология, 1993. – 304 с.
2. Мелешко, А. В. Новые отделочные материалы для улучшения декоративных свойств изделий из древесины хвойных пород / А. В. Мелешко, Г. А. Логинова, Ю. В. Хлопунова // Дизайн и производство мебели. – 2003. – №1. – С. 30-33.
3. Сусоров, И. А. Органорастворимый антисептик для древесины и защитный лак на его основе / И. А. Сусоров, Б. Е. Семенов // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2007. – №3. – С. 16-19.

УДК 69.003

Хорошавцев К. А.

Научный руководитель: Кононова О. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы развития малоэтажного жилищного строительства.

Ключевые слова: загородное жилье, малоэтажное строительство, индивидуальное жилищное строительство, коттедж, развитие территорий.

В первом чтении 2007 г. Госдума приняла законопроект «О внесении изменений в некоторые законодательные акты РФ по вопросу развития малоэтажной жилищной застройки территорий», направленный на развитие массового малоэтажного строительства. Были упрощены или отменены некоторые бюрократические препятствия для осуществления малоэтажного жилищного строительства [1].

Несмотря на это, крупные застройщики республики Марий-Эл продолжают позиционироваться на многоквартирном строительстве средней этажности – 5-9 этажей, так как частные компании вовсе не заинтересованы в малоэтажных постройках, им выгоднее построить высотное здание с минимальными затратами на земли под него и с максимальной прибылью от продажи большого количества квартир. Это, в свою оче-

редь, привело к перенасыщению рынка недвижимости низкокачественным жильем. На данный момент количество построенных квартир значительно превышает спрос, квадратные метры жилья построены, а покупать люди их не спешат.

В настоящее время жители городов все больше обращают внимание на ближние пригороды как на альтернативу городской квартире. Люди рассматривают варианты переселения в таунхаусы, коттеджи, малоэтажные многоквартирные дома. В связи с этим малоэтажное строительство становится полноценной частью российского рынка недвижимости и является одним из самых перспективных на сегодняшний день направлений, имеющих большой потенциал в России.

Доступность такого жилья для российских граждан способствует решению проблемы обеспеченности жильем. Немаловажную роль в этом вопросе играет и государственная программа республики Марий Эл по «Обеспечению качественным жильем и услугами жилищно-коммунального хозяйства населения Республики Марий Эл на 2013 – 2020 годы» [2].

Основными целями программы являются:

- повышение доступности жилья и качества жилищного обеспечения населения. Создание условий для развития массового строительства жилья эконом класса, в том числе малоэтажных домов;
- стимулирование инициативы граждан для индивидуального жилищного строительства; формирование условий для создания жилищных некоммерческих объединений граждан, в том числе жилищно-строительных кооперативов;
- формирование условий реализации проектов комплексного освоения развития территорий, программ обеспечения земельных участков инженерной, социальной и дорожной инфраструктурой, стимулирование развития энергоэффективных и экологически чистых технологий и материалов, создание условий для их использования в жилищном строительстве, что в свою очередь приведет к улучшению жилищных условий населения.

Литература

1. Бессонов, М. С. Проблемные вопросы развития малоэтажного домостроения в Российской Федерации / М. С. Бессонов // Молодой ученый. – 2015. – №12. – С. 386-388.
2. Постановление Правительства республики Марий Эл от 08.05.2014 г. № 217.

Челомбитько А. А., Инягина Д. О.

Научный руководитель: Кононова О. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ И БЕТОНАХ

Аннотация. *Представлен анализ влияния современных пластификаторов на свойства бетонов и строительных растворов.*

Ключевые слова: *пластификаторы, бетоны, строительные растворы.*

Введение в состав строительных растворов и бетонов химических добавок имеет множество плюсов, таких как: экономия цемента, повышение удобоукладываемости, прочностных характеристик, времени жизни растворной смеси. Наиболее заметное влияние на свойства строительных растворов и бетонов оказывают пластифицирующие добавки, относящиеся к поверхностно-активным веществам. Механизм действия пластификаторов основан на способности молекул ПАВ адсорбироваться на поверхности цементных частиц с образованием тонкого мономолекулярного или бимолекулярного слоя, который приводит к возникновению одноименного электрического заряда и, в свою очередь, повышает дзета-потенциал на поверхности частиц [6]. В результате снижается возможность агрегатирования частиц при действии электростатических сил, снижаются силы трения между ними, что приводит к снижению вязкости смеси [5]. В процессе взаимодействия цемента с водой происходит формирование продуктов гидратации, и прекращается отталкивающее действие электрического заряда. Подвижность растворной смеси уменьшается. При добавлении в цементное тесто суперпластифицирующей добавки заметно, в 2...3 раза, возрастает доля мелких цементных частиц [1; 4].

Пластифицирующие добавки получают несколькими способами:

- искусственным синтезом;
- переработкой сырья животного происхождения;
- переработкой отходов промышленной деятельности.

К традиционным пластификаторам относятся добавки первой, второй и третьей групп, основу которых составляют соответственно лигносульфонаты LS, модифицированные лигносульфонаты (ЛСТМ) и су-

перпластификаторы на основе сульфомеламинформальдегида MSF (Мелмент, 10-03 и др.) и сульфонафталинформальдегида NSF (С-3, 40-03, Дофен и др.). Эти добавки известны достаточно давно и получили широкое распространение в России.

Пластификаторы четвертой группы были изобретены в начале 70-х годов в Японии. Затем добавки появились в Германии, Англии, США, Франции, Бельгии, Норвегии, Болгарии. [7]. Их основой являются поликарбоксилаты РА и РСЕ. К положительным свойствам добавок данной группы следует отнести увеличение времени пластифицирующего действия в 3-4 раза по сравнению с добавками 1,2,3 групп, а также снижение водоцементного отношения до 27%. Кроме того, применение этих добавок позволяет существенно снизить уровень трудозатрат на единицу продукции.

К числу недостатков пластификаторов на основе поликарбоксилатов можно отнести сильную зависимость пластифицирующей способности от состава цемента и высокую стоимость добавок зарубежного производства.

Подвижность смеси с введенной добавкой с течением времени не снижается, а наоборот возрастает, что приводит к излишнему разжижению и расслаиваемости при транспортировке [3]. Воздуховлечение при использовании добавок может достигать 5% и более [2].

В последние годы в строительстве все активнее применяются отечественные комплексные добавки с пластифицирующим эффектом. К числу известных комплексных отечественных добавок относят Биотех, Эмбелит, Универсал П4, и другие. Они изготавливаются на основе сульфированных нафталин-формальдегидных поликонденсатов, которые определяют их основной пластифицирующий эффект [8; 9].

В частности, модификатор бетона Эмбэлит представляет собой порошкообразный поликомпонентный продукт на органиминеральной основе. В зависимости от марки, минеральная часть модификатора Эмбэлит может включать в себя следующие компоненты в различных сочетаниях: каолин термообработанный, гипс, микрокремнезем конденсированный, золу-уноса. Основной эффект при производстве бетонов с применением модификатора Эмбелит заключается в обеспечении высокой прочности при компенсации усадки.

Разработка составов бетонов с применением отечественных комплексных добавок позволяет снизить стоимость модифицированных бетонов и обеспечить полифункциональный эффект от воздействия добавок на свойства бетона.

Литература

1. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика [Текст] / В. Г. Батраков. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
2. Вовк, А. И. Добавки на основе отечественных поликарбоксилатов / А. И. Вовк // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012. – № 9. – С. 31-33.
3. Камалова, З. А. Исследование влияния суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе на прочностные и технологические свойства бетона в зависимости от вида цемента / З. А. Камалова, Е. Ю. Ермилова, И. Ф. Нагаев // I Международная научно-практическая конференция «Технические науки: современные проблемы и перспективы развития», 10 дек. 2012 г. Приволжский научно-исследовательский центр. – Йошкар-Ола: Коллоквиум, 2012. – С. 86-90.
4. Касторных, Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учебное пособие [Текст] / Л. И. Касторных. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 201 с.
5. Рамачандран, В. С. Добавки в бетон: справочное пособие / под ред. В. С. Рамачандрана; пер. с англ. Т. И. Розенберга и С. А. Болдырева; под ред. А. С. Болдырева и В. Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
6. Суперпластификаторы в технологии изготовления композиционного бетона [Электронный ресурс] / З. А. Камалова, Р. З. Рахимов, Е. Ю. Ермилова и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 8. – С. 148-152.
7. Химические добавки для модификации бетона: монография / В. С. Изотов, Ю. А. Соколова. – М.: Казанский государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.
8. Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК C04 В 22/08, 24/18. Химическая добавка для цементных бетонов и строительных растворов «Универсал П-4» / Власенко А. М.; заявитель и патентообладатель Власенко А. М. – К 24107233/03; заявл. 12.03.2004; опубл. 10.06.2005, Бюл. № 16. – 5 с.
9. ТУ 5870-176-4685-40-90 Модификатор бетона Эмбелит. – М.:ГУП НИИЖБ, 2004. – 27 с.

УДК 691.175

Шашкова Е. И.

Научные руководители: Насакин О. Е., д-р хим. наук, профессор;

Васильева С. Ю., старший преподаватель

Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова

ПОЛУЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКИХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПЕН

Аннотация. Разработан способ получения негорючих пенополиуретанов, модифицированных фурфуролом.

Ключевые слова: огнестойкость, пенополиуретан, фурфурол.

Полиуретановые пены часто используются в качестве утеплителя и для звукоизоляции зданий. Одно из главных требований, необходимых для использования в строительстве жилых домов – это негорючесть материалов. Однако пенополиуретаны (ППУ) относятся к легкогорючим материалам, так как имеют высокую удельную поверхность органических компонентов. Для снижения горючести ППУ используют обычно метод введения различных добавок – антипиренов. Известен способ получения невоспламеняемого эластичного ППУ на основе полиэфирполиола, полиизоцианата, активатора, ускорителя, сшивающего агента, пенографита, содержащего ингибитор дыма, отвержденный и денатурированный казеин [1]. Недостатками известного способа являются недостаточная огнестойкость и низкие физико-механические характеристики, необходимые для подобных материалов, вследствие введения в полиуретановую систему значительных количеств наполнителей. Для получения огнестойкого ППУ при сохранении физико-механических характеристик, отвечающих за тепло- и звукоизолирующие свойства, был разработан способ получения огнестойкого ППУ на основе композиции, включающей полиэфирполиол, полиизоцианат, расширенный графит, аминный активатор, стабилизатор и вспениватель, композиция дополнительно содержит фурфурол модифицирующую добавку – многоатомные спирты, в качестве вспенивателя композиция содержит воду или фреон. Полиэфирполиол перед взаимодействием с полиизоцианатом предварительно смешивают с аминным активатором, стабилизатором, модифицирующей добавкой и вспенивателем, а затем добавляют расширенный графит и фурфурол при отношении 1-2:1 и суммарном количестве 15-30 мас.% от общего количества компонентов. В качестве полиэфирполиола использовали лапрол марки 564, полученный на основе окиси этилена и окиси пропилена с гидроксильным числом не более 110 мг К на 1 г полиэфирполиола и молекулярной массой 500-600. Полиизоцианат используют, например, в «Супросек 5005» или «Супросек 2456» (фирмы Ханстман, США), которые являются смесью 2,4- и 4,4-изомеров дифенилметандиизоцианата. Аминный активатор – диметилдиэтаноламин (ТУ 6-02-1086-91) или другие амины. Модификатор – глицерин (ГОСТ 6824-96) или многоатомные спирты. Вспениватель – вода или фреоны. Способ осуществляют следующим образом. Полиэфирполиол смешивают с расчетными количествами аминного активатора, вспенивателя, модифицирующей добавки, расширенного графита, предварительно смешанного с циануратом меламина в соотношении 1-2:1 и суммарном количестве 15-30 мас.% от общего количества компо-

нентов и тщательно перемешивают до получения однородной массы. Затем приготовленную систему переносят в форму вместе с полиизоцианатом и интенсивно перемешивают в течение 10-15 сек. Через примерно 15-20 минут готовый материал извлекают из формы. Огнезащитные свойства полученного материала оценивали следующим образом. Образец диаметром 100 мм и толщиной 100 мм вносили в пламя газовой горелки с температурой 900-1000°C и выдерживали в течение 1 мин. Оценка велась визуально: горит или не горит. Кроме того, измеряли глубину обугленного, закоксованного слоя. Преимуществом такого способа получения ППУ является повышение огнестойкости, сохранение тепло- и звукоизолирующих характеристик ППУ: коэффициент теплопроводности и кажущаяся плотность всех приготовленных образцов практически не отличается от стандартного, при меньшем содержании наполнителей – антипиренов – расширенный графит и цианурат.

Литература

1. Пат. 2268899 Российская Федерация, МПК⁷ C08G18/08. Способ получения огнестойкого пенополиуретана / В. А. Варюхин, Ю. И. Дергунов, С. А. Рябов; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «ИЗУРЭМ». – № 2006108354/04; заявл. 16.03.2006; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

УДК 711.4

Ятманова О. Е.

Научный руководитель: Черепов В. Д., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

О РОЛИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

***Аннотация.** Рассмотрены проблемы развития селитебной территории и пути их решения путем комплексного стратегического подхода к пространственному планированию.*

***Ключевые слова:** градостроительство, развитие территории, территориальное планирование.*

Устойчивое развитие региона, создание благоприятного инвестиционного климата и улучшение условий жизни населения в значительной степени зависят от продуманной социально-экономической и градостроительной политики, а также применяемых методов, инструментов и механизмов управления.

Наличие документов территориального планирования – это залог устойчивого развития территорий, рационального использования земель населенных пунктов, основа для развития инженерной инфраструктуры поселений, благоприятного инвестиционного климата на территории района для дальнейшего социально-экономического роста. [1].

Развитие строительной отрасли связано с принятием взвешенных управленческих решений, базирующихся на административно-территориальном уровне их принятия и условиях использования территорий.

Российскому градостроительству сегодня необходимо решать задачи не на расширение существующих городов, а на качественное развитие существующих селитебных территорий, что вызвано отсталым развитием благоустройства среды, неудовлетворительным качеством социального, транспортного и инженерно-технического обеспечения.

В республике Марий Эл ведется целенаправленная работа по территориальному планированию и градостроительному зонированию.

При отсутствии документов территориального планирования невозможно развитие комплексной застройки, в том числе строительство жилья экономического класса, объектов социальной сферы и жилищно-коммунального хозяйства.

Кроме того, отсутствие документов территориального планирования сегодня является большим сдерживающим фактором для многих процессов в строительстве, а также для разработки правил землепользования и застройки территорий муниципальных образований.

Правила землепользования и застройки посредством единого документа нормативного характера обеспечивают публичное предъявление четких и понятных «правил игры», что позволяет снизить существующие административные барьеры в области градостроительной деятельности. [1].

Традиционные методы регулирования землепользования и застройки – это система, ориентированная на предварительно спланированные или запроектированные условия, которая позволяет через выдачу или отказ в разрешении на строительство контролировать застройку, исключить нежелательную. Но эта система не позволяет получить желательную застройку в то время и в том месте, где это необходимо. [2].

Однако существующие централизованные подходы к градостроительному проектированию не отвечают реалиям времени. Планировочная организация городов и крупных населенных пунктов, а именно системы транспортной и социальной инфраструктуры, спроектированные по принципу функционального зонирования, который характеризуется выделением основного и условно-разрешенных видов использования территорий, входит в противоречие с современными тенденциями интеграции функций селитебной территории.

Назрела необходимость разработки кардинально новых подходов к территориальному планированию для придания ему более тактического, вариативного характера с целью реализации долгосрочных многоуровневых стратегических решений в развитии городов и населенных пунктов.

Литература

1. Постановление Правительства республики Марий Эл от 25.12.2012 г. № 475 «О государственной программе республики Марий Эл «Обеспечение качественным жильем и услугами жилищно-коммунального хозяйства населения республики Марий Эл на 2013-2020 годы» (в ред. Постановления Правительства республики Марий Эл от 31.03.2015 г. № 167).
2. Головин, А. В. Стратегия пространственного развития VS традиционное планирование / А. В. Головин // Управление развитием территории. – 2016. – № 3. – С. 24-30.

УДК 332.63

Воробьева Т. В., Мирошниченко К. И.

Научный руководитель: Русинова Н. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭТАЛОННЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПГТ. ЮРИНО

Аннотация. В данной статье рассмотрена методика выбора эталонных участков на территории населенного пункта с учетом характеристик ската, параметров земельного участка и табличного t - критерия Стьюдента.

Ключевые слова: эталонный участок, параметры земельного участка, t -критерий Стьюдента.

В основу определения кадастровой стоимости земельных участков положен принцип классификации участков по целевому назначению и виду функционального использования, а также выборе эталонного участка и главнообразующих факторов. В настоящее время отсутствует методика по выбору эталонного участка в разрезе видов разрешенного использования (ВРИ). В связи с этим появляется необходимость в разработке методики по обоснованному выбору эталонного участка.

Эталонный земельный участок – это земельный участок, обладающий в разрезе группы факторов наиболее вероятными характеристиками по отношению к земельным участкам, входящим в состав данной группы. Участки выбираются по факторам внутри каждого ВРИ [2].

Цель данной работы – выбор эталонного участка с учетом характеристик ската, параметров земельного участка (ширины и длины) внутри каждой зоны.

Процесс выбора эталонных участков состоит из трех основных этапов: подготовительный, основной и заключительный.

При проведении подготовительного этапа собирается информация об объекте исследования. Основной этап включает в себя обработку исходных данных с применением ГИС-технологий, построение горизонталей на карте масштаба 1:10 000, процесс определения принадлежности земельных участков к зонам между горизонталями, процесс опре-

деления значений факторов (уклона, ширины, длины и ВРИ), а также к основному этапу относится расчёт *t*-критерия Стьюдента.

На заключительном этапе оформляются полученные результаты. К заключительному этапу относится выбор эталонных участков в каждой зоне.

Обработка исходных данных с применением ГИС-технологий осуществляется с применением программы ГИС «Карта 2011». При создании карты в масштабе 1:10 000, загружаются растры, отображающие местность, и проводится оцифровка участков [1].

Далее необходимо определить значения факторов всех земельных участков (уклона, ширины и длины) для дальнейшего выбора эталонных участков в каждой зоне.

В результате анализа исходных данных для выбора эталонных участков необходимо выбрать параметры, которые наиболее точно влияют на их выбор. На выбор эталонных участков будут влиять факторы уклона, ширины и длины.

При обработке результатов измерений вычисляется среднее значение представленного числа земельных участков в каждой зоне. Использование табличного *t*-критерия Стьюдента предполагает сравнение расчетного значения с распределением Стьюдента.

Для того чтобы в дальнейшем определить эталонные участки, необходимо определить форму ската, для этого будут найдены значения уклона для каждого участка, а также параметры всех земельных участков, расположенных на территории посёлка городского типа Юрино [4]. Дальнейший анализ показателей подразумевает нахождение среднего значения параметров земельного участка внутри каждой зоны (между горизонталями). Это позволит сравнить каждый участок со средним значением внутри каждой зоны (таблица).

Показатели отклонений значений земельных участков
между горизонталями с высотой 40 м

№	Кадастровый номер участка	Показатели земельных участков			Отклонения от среднего значения		
		уклон, промиле	ширина, м	длина, м	уклон	ширина	длина
1	12:01:5301008:69	0,83	36,3	49,8	-0,14	9,9	-8
2	12:01:5301016:16	0,72	21	61,3	-0,25	-5,4	3,5
3	12:01:5301016:19	0,46	23,8	51,9	-0,51	-2,6	-5,9
4	12:01:5301008:104	1,87	24,5	68,2	0,9	-1,9	10,4
	Сумма	3,88	105,6	231,2	-	-	-
	Среднее значение	0,97	26,4	57,8	-	-	-

Как видно из таблицы, наименьший показатель отклонения от среднего по характеристикам ската имеет земельный участок №1 (1) с кадастровым номером 12:01:5301008:69, а на втором месте по значению отклонения стоит земельный участок №2 (2) с кадастровым номером 12:01:5301016:16. По характеристике ширины – наименьшее отклонение от среднего имеет земельный участок №4 (4) с кадастровым номером 12:01:5301008:104. На втором месте стоит земельный участок №3 (3) с кадастровым номером 12:01:5301016:19. Отклонение от среднего для показателя длины выглядит следующим образом: наименьшее значение получилось для земельного участка №2 (2), на втором месте – у земельного участка №3 (3). Так как в данной зоне все земельные участки относятся к землям индивидуальной жилой застройки, то в данной зоне для данного вида разрешенного использования был выделен в качестве эталонного земельного участка участок №2 с кадастровым номером 12:01:5301016:16.

Определив все значения показателей земельных участков, расположенных на территории посёлка городского типа Юрино, были определены ошибки в измерениях, высчитаны отклонения от среднего параметра всех земельных участков, и в итоге выявлены эталонные участки по предлагаемой методике. Таким образом, предложенная методика, направленная на выбор эталонных участков с учетом характеристик ската, параметров земельных участков и высоты сечения рельефа, позволит наиболее точно определить их расположение на территории населенного пункта.

Литература

1. Программное обеспечение «Панорама «Карта 2011» (версия 11.12.3).
2. Воробьева, Т. В. Методика определения эталонного участка на основе анализа высоты сечения рельефа местности / Т. В. Воробьева // Современная техника и технологии. – 2015. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2015/06/7077> (дата обращения: 20.03.2016).
3. Воробьева, Т. В. Методика отбора эталонных земельных участков на территории сельских поселений на примере ПГТ Юрино / Т. В. Воробьева // Современная техника и технологии. – 2015. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2015/06/7191> (дата обращения: 13.11.2015).
4. Воробьева, Т. В. Способ определения эталонного земельного участка с использованием высоты сечения рельефа / Т. В. Воробьева // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/12/60365> (дата обращения: 24.05.2016).

Гафурова Д. Р., Быцан Т. В.
Научный руководитель: Кирков А. Е., старший преподаватель
Российский университет дружбы народов

ВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ВСТРЕЧНЫМИ ЗАБОЯМИ

***Аннотация.** Раскрывается метод ведения горной выработки встречными забоями.*

***Ключевые слова:** горная выработка, встречные забои, смыкание забоев.*

Рассматривается задача раскрытия метода ведения горной выработки встречными забоями, определения направления движения забоев и выбор методики выполнения маркшейдерских работ.

Ведение выработок встречными забоями.

В статье раскрывается метод ведения выработки встречными забоями. Даются определения основных методов ведения выработок, а также рассказывается о событии, произошедшем в Чили. Рассматриваются факторы, от которых зависит погрешность смыкания забоев. Делается вывод, что проведение выработок встречными забоями является наиболее эффективным и практичным методом.

При проведении выработки одновременно несколькими забоями в зависимости от условий могут быть следующие случаи:

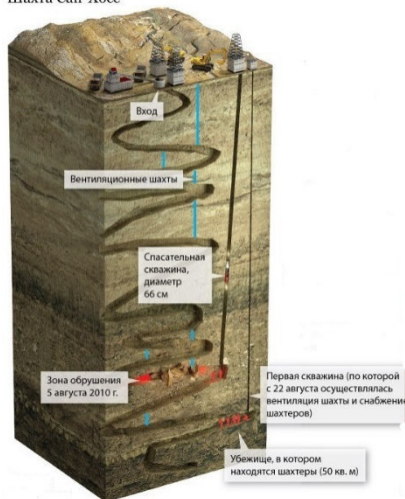
1. выработку проводят двумя забоями навстречу друг другу;
2. забои одной и той же выработки догоняют друг друга;
3. выработку проводят одним забоем навстречу другому, в котором горные работы не производятся.

Все эти случаи проведения горных выработок называют сбойками.

5 августа 2010 г. весь мир облетела новость о том, что произошел обвал в небольшой золотомедной шахте Сан-Хосе в 45 км от города Копьяпо, в результате которого заблокированными под землей оказались 33 горняка [1]. Изначально спасатели пытались проникнуть внутрь по вентиляционным шахтам, но они оказались также завалены. Попытки расчистить завалы с помощью тяжёлой техники вызвали новые обвалы, поэтому пришлось менять тактику и бурить вертикальные скважины в надежде найти выживших. Спустя 17 дней, 22 августа, спасатели установили контакт с 33 горняками, пробурив скважину диаметром 15 см. Шахтеры прикрепили к буру записку: «Мы в порядке в убежище, все 33». При этом скважину чилийцам пришлось бурить не вертикальную, а наклонную,

протяженностью, по приблизительным подсчетам, около 700 метров. Но спасатели точно пробились к людям, находившимся в выработке шахты.

Шахта Сан-Хосе



Технические специалисты начали бурить три туннеля, один из которых, в зависимости от результатов бурения, планировалось использовать для вызволения горняков.

После завершения работ по бурению специалистам предстояло укрепить стальными трубами первые 100 метров туннеля во избежание обвала породы. Операция по спасению началась 12 октября 2010 года. Для спасения в шахту спустились шесть спасателей. Все 33 шахтера были подняты менее, чем за сутки.

Уникальность данной операции заключается в смелом, а главное – результативном применении не опробованной ранее нигде технологии в сочетании с четкой организацией работ всех задействованных служб. Поражает и точность, с которой маркшейдеры вывели бурильщиков на камеру, где находились 33 шахтера.

Получение такого результата стало возможным благодаря применению специальных методик расчета, как параметров самой сбойки, так и предрасчета точности конечного результата.

Для проведения выработок встречного забоя по координатам пунктов маркшейдерских опорных сетей определяют направление движения каждого забоя в горизонтальной и вертикальной плоскостях, переносят его в натуру и систематически проверяют. Направление или ось сооружаемой выработки закрепляют тремя отвесами или фиксируют лучом лазерного указателя направлений [2].

Производя предрасчет, учитывают три направления: первое направление по оси сбойки y' , второе направление – перпендикулярное к оси сбойки x' , третье – в вертикальной плоскости z . Различаются ответственные и неответственные (свободные) направления. Ответственными направлениями считаются те, погрешности по которым могут повлиять на точность встречи забоев [3].

Выбор методики выполнения маркшейдерских работ зависит от производственных допусков расхождения осей встречных забоев. При

проведении горных выработок шахты допустимая погрешность смыкания осей встречных выработок в плане обычно находится в диапазоне 0,3-0,7 м. Чтобы определить ее точное значение, необходимо учесть размеры транспорта и оборудования, размещаемого в данной выработке, а также минимальные зазоры и сопоставить с шириной выработки.

Плановая погрешность смыкания осей выработок, проводимых встречными забоями, определяется по ответственному направлению в точке предполагаемой встречи забоев. Эта точка рассматривается как конечная точка двух ходов, проложенных от исходных пунктов по сбиваемым направлениям до точки встречи забоев. Для выполнения предрасчета точности смыкания забоев создается проектная подземная полигонометрия по замкнутому контуру в виде двух ходов от исходной (произвольной) точки до точки сбойки.

В случае, если предвычисленная погрешность смыкания забоев окажется больше допустимой, маркшейдер должен изменить принятую методику с таким расчетом, чтобы вновь предвычисленная предельная погрешность не превышала допустимой.

Погрешность смыкания забоев в горизонтальной плоскости зависит от следующих факторов:

а) от погрешности измерения углов поверхностного и подземного соединительных полигонов;

б) от погрешности измерения длины сторон поверхностного и подземного соединительных полигонов;

в) от погрешности ориентирования шахт.

Погрешность смыкания забоев по высоте зависит от следующих погрешностей:

а) от погрешности геометрического нивелирования поверхностного хода;

б) от погрешности геометрического или тригонометрического нивелирования подземного хода;

в) от погрешности передачи координаты через вертикальные стволы шахт.

Таким образом, ведение выработок встречными забоями зависит от того, какое решение примет маркшейдер по методике выполнения всего комплекса работ при проведении сбойки.

Литература

1. Оглоблин, Д. Н. Маркшейдерское дело / Д. Н. Оглоблин. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. – 704 с.
2. Борщ-Компаниец, В. И. Геодезия. Маркшейдерское дело / В. И. Борщ-Компаниец. – М.: Недра, 1989. – 511 с.

Канина М. В., Борзенкова Ю. В.
Научный руководитель: Гринько Е. А., ст. инженер
Российский университет дружбы народов

РАСЧЕТ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЗАЛЕЖАХ

Аннотация. В статье рассмотрены методы расчета междукammerных целиков в горных выработках.

Ключевые слова: междукammerные целики, прочность, напряжение.

Точность расчета междукammerных целиков всегда является актуальной и важной задачей. Для оценки качества расчета устойчивости целиков необходимо рассмотреть ряд основных понятий.

Все, что находится ниже земной поверхности, горняки называют массивом горных пород. При добыче руды в массиве горных пород образуются пустоты, которые называются очистными выработками.

Горное давление – силы, которые возникают в массиве горных пород в результате действия гравитации и тектонических процессов. За счет того, что целики перераспределяют горное давление, выработанное пространство находится в устойчивом состоянии.

Междукammerные целики (МКЦ) – часть залежи или полезного ископаемого, которая поддерживает всю налегающую толщу. Они оставляются на длительное время в виде сплошных лент или отдельных опор. МКЦ разделяет общее выработанное пространство на две очистные камеры. Они препятствуют вертикальным смещениям пород налегающей и подстилающей толщи. Оставление одного МКЦ приводит к снижению смещений массива практически в 2 раза [1]. При этом сам целик сжимается по вертикали и, соответственно, расширяется в горизонтальном направлении, т. е. коэффициент Пуассона материала целика не равен нулю. Ограничение смещений приводит к значительному снижению зон разрушений в кровле и почве камер.

Нагружение МКЦ *от веса налегающей толщи* (метод Турнера-Шевякова) реализуется на залежах при больших пролетах L подработки налегающей толщи и при малой глубине H разработки. Традиционно данные условия нагружения формализуются соотношением $L/H \geq 1$.

Если все целики одинаковые, то нагрузка N на столбчатый целик определяется весом пород на площади S , которую он поддерживает (рис. 1, а):

$$N = \gamma HS,$$

где γ – объемный вес породы толщи.

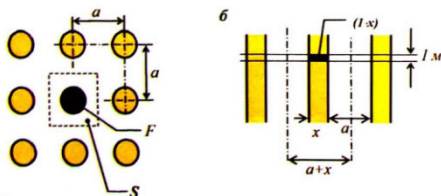


Рис. 1. Принцип определения площадей кровли, поддерживаемых столбчатыми (а) и ленточными (б) междукammerными целиками

Чтобы найти действующие в целике вертикальные напряжения σ , надо разделить нагрузку N на площадь F поперечного сечения МКЦ:

$$\sigma = N / F = \gamma HS / F.$$

Например, если столбчатые МКЦ располагаются по сетке 20×20 м, то площадь S , поддерживаемая одним целиком, равна 400 м^2 . Если на глубинах более 400 м МКЦ оставляют по сетке 22×22 м, то $S = 484 \text{ м}^2$.

Для ленточных целиков шириной x нагрузку N , приходящуюся на метр длины целика (рис. 1, б), определяют по формуле:

$$N = \gamma H (a + x) \cdot 1,$$

тогда действующие в целиках вертикальные напряжения находят по формуле:

$$\sigma = N / 1 \cdot x = \gamma H (a + x) / x.$$

На залежах с ограниченными пролетами L на большой глубине H (при $L/H < 1$) нагружение МКЦ происходит в режиме заданных вертикальных смещений от прогиба кровли и поднятия почвы выработанного пространства (рис. 2, а).

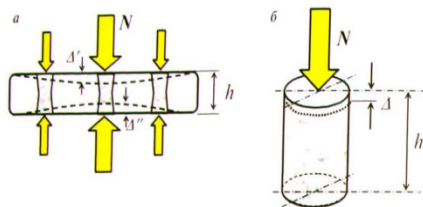


Рис. 2. Схемы к расчету нагрузок на МКЦ по принципу совместности деформаций целиков и вмещающих пород

Смещения кровли и почвы деформируют целики, поэтому вертикальное сжатие целика Δ (абсолютная деформация, равная уменьшению его высоты h) равно сближению кровли и почвы, что приводит к возникновению нагрузки N на него [2]:

$$\Delta = \Delta' + \Delta''.$$

Нагрузка N в центральной части выработанного про-

странства (где самые большие смещения вмещающих пород) больше, чем на границе с массивом.

Относительная деформация: $\varepsilon = \Delta / h$ (рис. 2, б).

Представим МКЦ в виде упругого цилиндра высотой h с поперечным сечением F (рис. 2, б). Действующие в целике напряжения можно найти, разделив нагрузку на целик на его площадь: $\sigma = N / F$, тогда для целика закон Гука принимает вид:

$$N = \Delta EF / h.$$

Величину EF/h называют жесткостью целика и обозначают G . Тогда нагрузку на МКЦ определяют по формуле:

$$N = \Delta G.$$

Следствием этого является то, что:

- центральные целики воспринимают на себя большую нагрузку, чем периферийные;
- большую нагрузку несет более жесткий МКЦ, у которого больше сечение и (или) меньше высота (рис. 3).

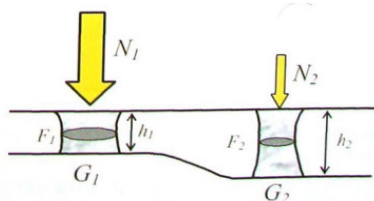


Рис. 3. Соотношение нагрузок на целики разной жесткости

Таким образом, необходимо проводить периодические наблюдения за МКЦ, которые находятся в центральной части горной выработки. Данные целики несут большую нагрузку. И также не стремиться увеличивать сечение целиков сверх проектного. Они ста-

нут более жесткими и будут воспринимать большую нагрузку.

На основании вышеизложенного материала можно сделать вывод, что точность расчета прочности междукамерных целиков на горизонтальных залежах имеет большое значение: обеспечивает безопасность горных работ в открытом выработанном пространстве, условия для эффективного применения высокопроизводительного добычного оборудования, минимальные потери руды и потери качества полезного ископаемого.

Литература

1. Макаров, А. Б. Практическая геомеханика. Пособие для горных инженеров / А. Б. Макаров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.
2. Фадеев, А. Б. Прочность и деформируемость горных пород / А. Б. Фадеев. – М.: Недра, 1979. – 269 с.

Мирошниченко К. И., Воробьева Т. В.
Научный руководитель: Русинова Н. В., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОСЛЕДСТВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЗОН ВОКРУГ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

***Аннотация.** Построены защитные зоны вокруг объектов культурного наследия. Предложена методика построения защитных зон объектов культурного наследия с последующим их объединением.*

***Ключевые слова:** объект культурного наследия, зона охраны, защитная зона.*

Объекты культурного наследия (ОКН) являются исторической и культурной территориальной ценностью. В связи с этим они подлежат охране и постановке на государственный кадастровый учет. В целях сохранения объекта культурного наследия вокруг него устанавливается зона охраны, включающая охранную зону, зону регулирования застройки и хозяйственной деятельности, зону охраняемого природного ландшафта. Сложность установления границ зон охраны послужила основанием для формирования защитной зоны вокруг ОКН [1].

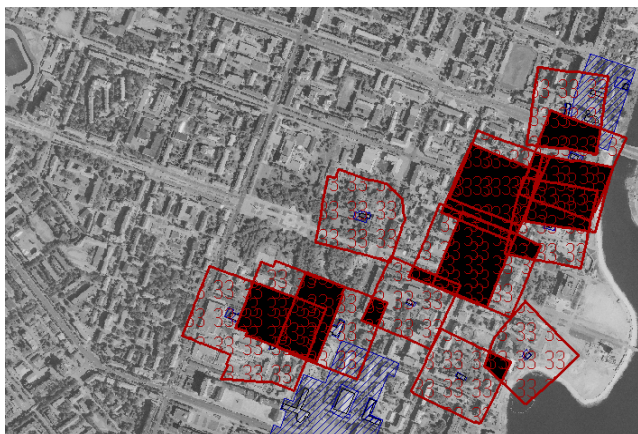
Границы защитной зоны объекта культурного наследия устанавливаются [1]:

- 1) для памятников в границах населенного пункта – 100 м от внешних границ территории памятника;
- 2) для памятника вне границ населенного пункта – 200 м от внешних границ памятника;
- 3) для ансамбля в населенном пункте – 150 м от внешних границ ансамбля;
- 4) для ансамбля вне границ населенного пункта – 250 м от внешних границ памятника;
- 5) для объекта культурного наследия в границах населенного пункта при отсутствии утвержденных границ территории объекта – 200 м от внешней стены памятника либо от линии общего контура ансамбля;
- 6) для объекта культурного наследия вне границ населенного пункта при отсутствии утвержденных границ территории объекта – 250 м от внешней стены памятника либо от линии общего контура ансамбля.

В отношении объекта культурного наследия защитные зоны не устанавливаются, если для него определена в установленном порядке зона охраны или он расположен в границах зоны охраны другого объекта культурного наследия.

На территории города установлены две зоны охраны, в границах которых расположены семь объектов культурного наследия. Вокруг 23 ОКН выделены границы территории, поэтому в данной работе рассмотрены именно данные объекты.

Для определения границ защитных зон на территории города в программу «ГИС Карта 2011» была загружена часть ортофотоплана г. Йошкар-Олы, границы территорий ОКН, а также границы самих объектов культурного наследия и построены защитные зоны (рисунок).



Пересечение защитных зон

Границы построенных защитных зон ОКН пересекаются между собой, так как на территории города большая часть объектов культурного наследия сосредоточена в центре города. Во избежание множественных пересечений границ защитных зон необходимо либо их объединить между собой, либо построить защитную зону для нескольких объектов, расположенных в радиусе 100 м друг от друга. Построение защитных зон вокруг каждого ОКН и последующее их объединение позволяет исключить расчеты дополнительных параметров зон.

Таким образом, на территории г. Йошкар-Ола выделены две объединенные и одна индивидуальная защитная зона.

Индивидуальная защитная зона выделена вокруг объекта культурного наследия регионального значения «Церковь Тихвинской иконы Божией Матери, 1779 г.».

Объединенные защитные зоны включили в себя следующие ОКН: Техникум радиомеханический. Корпус главный. Корпус №2, 1960-е; Библиотека республиканская, 1938; Училище музыкальное, 1960; Дом Лоханова; Гостиница «Онар»; Здание ресторана «Онар»; Дом купца Наумова, 1907 г.; Дом Булыгина, 1835 г.; Дом Кореповых, середина XIX в.; Здание педучилища (Здание земского исправника); Усадьба Чулкова. Дом главный, 1910 г. Флигель. Дом с мезонином, конец XIX в.; Дом Пчелиной; Дом Карелина середина XVIII в.; Жилой дом.

Защитная зона объекта культурного наследия по своим параметрам может быть больше предполагаемой зоны охраны, что приводит к наложению ограничений на земельные участки, которые не будут входить в зону охраны, но вошли в защитную зону. Правила, ограничивающие права собственников участков в зоне охраны, более лояльные, чем в защитной зоне. Вследствие этого правообладатели до установления зоны охраны не смогут предпринимать каких-либо действий, направленных на реконструкцию, снос или строительство здания, что приведет к последствиям в виде судебных разбирательств и пересмотру введенного понятия «защитная зона» объекта культурного наследия.

Литература

1. Федеральный закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12127232/> (дата обращения 22.02.2017).
2. Мирошниченко, К. И. Методика выделения охранной зоны с особым правовым режимом использования на примере объекта культурного наследия регионального значения «Церковь Тихвинской иконы Божией Матери, 1779 г.» / К. И. Мирошниченко // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/06/53826> (дата обращения: 22.02.2017).
3. Мирошниченко, К. И. Методика выделения комплексной охранной зоны с особым правовым режимом использования на примере объекта культурного наследия федерального значения «Дом советов, 1937 г., арх. А.В. Гринберг» / К. И. Мирошниченко // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/06/54721> (дата обращения: 22.02.2017).

Мочалова Н. Н.

Научный руководитель: Русинова Н. В., канд. техн. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

РАЗМЕЩЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОД ЗЕЛЕНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛА

Аннотация. Приведено распределение земельных участков с разными типами зеленых насаждений в разрезе кадастровых кварталов г. Йошкар-Ола. Выявлены земельные участки, сведения о которых внесены в кадастр недвижимости.

Ключевые слова: зеленые насаждения, земельные участки, кадастровый учет.

Озеленение города – единая система озелененных территорий и открытых пространств: парков, озелененных набережных, скверов, садов, бульваров, рекреационных и парковых зон, связанных с окружающими город лесопарками и лесами зеленой зоны. В связи с этим требуется выполнение кадастровых работ и процедур в отношении земельных участков под насаждениями [3].

Общая площадь всех зеленых массивов и насаждений города Йошкар-Ола составляет 1441 га. Анализ распределения насаждений по территории города показал их скученность в кадастровых кварталах с номерами 12:05:0303011, 12:05:0303014 и 12:05:0303015.

Кадастровый квартал 12:05:0303011 находится в центральной части города Йошкар-Ола и включает в себя 9 земельных участков. Его площадь составляет 64207 м², а периметр – 1354 м. На территории квартала присутствуют земельные участки под следующими типами насаждений (табл. 1)

Таблица 1. Распределение зеленых насаждений кадастрового квартала 12:05:0303011

Тип зеленых насаждений	Площадь, м ²	Периметр, м
ЗНОП (зеленые насаждения общего пользования)	15935	1186
ЗНОгП (зеленые насаждения ограниченного пользования)	1441	344
ЗНВО (зеленые насаждения внутриквартального озеленения)	2919	463
ЗНВСФ (зеленые насаждения, выполняющие специальные функции)	4180	2000

Наибольшую площадь насаждений квартала занимают зеленые насаждения общего пользования – 15935 м², наименьшую – зеленые насаждения ограниченного пользования – 1441 м². Также можно отметить,

что зелеными насаждениями занято 24475 м², что составляет 38 % от площади всего квартала.

Кадастровый квартал 12:05:0303014 также расположен в центральной части города и включает в себя 14 земельных участков. Площадь данного квартала составляет 39257 м², а периметр – 863,2 м. Из общего количества земельных участков квартала 7 участков расположены под насаждениями (табл. 2).

Таблица 2. Распределение зеленых насаждений кадастрового квартала
12:05:0303014

Тип зеленых насаждений	Площадь, м ²	Периметр, м
ЗНВО (зеленые насаждения внутриквартального озеленения)	6944	1242
ЗНОгрП (зеленые насаждения ограниченного пользования)	3742	610
ЗНВСФ (зеленые насаждения, выполняющие специальные функции)	1820	672

Можно отметить, что наибольшую площадь насаждений квартала занимают зеленые насаждения общего пользования – 6944 м², наименьшую – 1820 м² – зеленые насаждения, выполняющие специальные функции, а именно насаждения вдоль дороги. Зелёные насаждения кадастрового квартала имеют общую площадь 12 506 м², что составляет 32 % от общей площади квартала.

Кадастровый квартал 12:05:0303015 находится в рекреационной зоне города и включает в себя 9 земельных участков. Площадь данного квартала составляет 75 841 м², а периметр – 1 225 м. На территории квартала расположены четыре типа насаждений с общими параметрами земельных участков, приведенных в табл. 3.

Таблица 3. Распределение зеленых насаждений кадастрового квартала
12:05:0303015

Тип зеленых насаждений	Площадь, м ²	Периметр, м
ЗНОП (зеленые насаждения общего пользования)	17916	2085
ЗНОгрП (зеленые насаждения ограниченного пользования)	3571	688
ЗНВСФ (зеленые насаждения, выполняющие специальные функции)	8598	2112
ЗНВО (зеленые насаждения внутриквартального озеленения)	533	100

Наибольшую площадь зеленых насаждений квартала занимают насаждения общего пользования – 17916 м², наименьшую – зеленые насаждения внутриквартального озеленения – 533 м². Зелёные насаждения

кадастрового квартала 12:05:0303015 занимают площадь 30618 м². Это составляет 40 % от общей территории квартала.

В результате обобщения полученных данных была составлена табл. 4.

Таблица 4. Сравнительная таблица кадастровых кварталов
12:05:0303011, 12:05:0303014 и 12:05:0303015

Номер кадастрового квартала	12:05:0303011	12:05:0303014	12:05:0303015
Площадь кадастрового квартала, м ²	64207	39257	75841
Площадь ЗНОП, м ²	15935	0	17916
Площадь ЗНОгпП, м ²	1441	3742	3571
Площадь ЗНВСФ, м ²	4180	1820	8598
Площадь ЗНВО, м ²	2919	6944	533
Общая площадь зеленых насаждений квартала, м ²	24475	12506	30618
Доля зеленых насаждений в общей площади квартала	38 %	32 %	40 %

По данным таблицы видно, что зеленые насаждения занимают от 32 до 40 % площади территории кварталов. Наибольший по площади квартал 12:05:0303015 имеет наибольшую долю зеленых насаждений от своей общей площади по сравнению с другими двумя кварталами (40 %), а наименьший квартал по площади – наименьшую (32%). Только один участок из указанных кварталов, занятый зелеными насаждениями, поставлен на кадастровый учет. Это сквер имени Н. Бабушкиной (земельный участок 12:05:0303011:65).

Литература

1. Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» от 24.07.2007 № 221-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/.
2. О статусе зеленых насаждений, произрастающих на территории города Йошкар-Олы: постановление мэра города Йошкар-Ола от 30.03.1999 №851 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lawsrf.ru/region/documents/2648700/>.
3. Смирнов, А. Н. Проблемы межевания озеленённых территорий / А. Н. Смирнов // Проекты межевания. Правовые и технические основы. Межевание и сохранение культурного наследия: материалы сем., 4-6 марта 2009 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecom.su/presentations/index.php?id=1222>.
4. Публичная кадастровая карта. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pkk5.rosreestr.ru/> (Дата обращения 25.03.2017).

УДК 519.6

Акмазикова М. А.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

**ОПТИМИЗАЦИЯ ДИСКРЕТНОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

***Аннотация.** На примере решения задачи в условиях риска рассматривается применение марковских моделей, а именно модели динамического программирования с конечным числом этапов.*

***Ключевые слова:** динамическое программирование, стохастические задачи, марковские модели, принятие решений, конечное число этапов.*

При решении стохастических задач, в которых в виде ряда чередующихся состояний представляются изменения в системе, применяются марковские процессы. Переходные вероятности между этими состояниями описывают марковскую цепь. Структура данных в марковском процессе представляется в виде матриц. Элементы этих матриц в общем виде могут изменяться при переходе из одного состояния в другое [1, 134].

Целью решения задачи принятия решения в условиях риска является нахождение оптимальной стратегии, максимизирующей ожидаемый доход. Стоит подчеркнуть, что структура марковского процесса позволяет моделировать его на основе модели динамического программирования. При этом процесс принятия решений описывается стационарной стратегией.

При условии, что количество этапов в задаче выбора наилучшей стратегии ограничено, эту задачу можно представить как задачу динамического программирования с конечным числом этапов [2, 250].

Рассмотрим на примере ход решения задачи для конечного числа этапов, используя метод итерации по стратегиям без дисконтирования.

Формулировка рассматриваемой задачи следующая:

Мебельный магазин планирует свою работу на 3 месяца, при этом перед директором магазина ставится следующая задача: какие меры по стимулированию спроса, в зависимости от состояния дел, следует пред-

принять для увеличения объема продаж. Рассматриваются следующие варианты стимулирования спроса:

1. 3% скидка при следующей покупке;
2. бесплатная доставка;
3. не предпринимать ничего.

Кроме того, фирма оценивает месячный объем продаж по трех-балльной шкале как:

1. отличный;
2. хороший;
3. удовлетворительный.

Известны переходные вероятности и соответствующие месячные доходы по каждому из 3 вариантов (таблицы 1-3).

Таблица 1. Первый вариант стимулирования спроса

3% скидка при следующей покупке					Месячные доходы				
P1		1	2	3	R1		1	2	3
	1	0,4	0,5	0,1		1	110	100	70
	2	0,1	0,6	0,3		2	105	90	65
	3	0	0,2	0,8		3	100	85	60

Таблица 2. Второй вариант стимулирования спроса

Бесплатная доставка					Месячные доходы				
P2		1	2	3	R2		1	2	3
	1	0,3	0,6	0,1		1	130	110	90
	2	0	0,4	0,6		2	130	100	85
	3	0	0,2	0,8		3	125	98	80

Таблица 3. Третий вариант стимулирования спроса

Не предпринимать ничего					Месячные доходы				
P3		1	2	3	R3		1	2	3
	1	0,3	0,3	0,4		1	100	90	70
	2	0,1	0,7	0,2		2	110	95	65
	3	0,05	0,2	0,75		3	100	85	60

Необходимо найти оптимальную стратегию стимуляции спроса для последующих 3 месяцев.

Решение задачи:

В нашем случае число этапов – 3 (месяца), число состояний для каждого $m=3$ (спрос отличный, хороший, удовлетворительный). Вычислим значения по формуле 1.

$$v_i^k = \sum_{j=1}^m p_{ij}^k * r_{ij}^k. \quad (1)$$

Результаты вычислений представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты вычислений

i	v_i^1	v_i^2	v_i^3
1	101	114	85
2	84	91	90,5
3	65	83,6	67

С учетом затрат на каждую стратегию (10, 20, 0) находим оптимальное решение для каждого этапа. Для первого этапа рассматриваем значения, найденные по формуле 2. Для второго этапа рассматриваем значения, найденные по формуле 3, а для третьего этапа рассматриваем значения, представленные в таблице 4.

$$v_i^k + p_{i1}^k f_2(1) + p_{i2}^k f_2(2) + p_{i3}^k f_2(3), \quad (2)$$

$$v_i^k + p_{i1}^k f_3(1) + p_{i2}^k f_3(2) + p_{i3}^k f_3(3). \quad (3)$$

Результаты оптимального решения показывают, что в 1-ый и во 2-ой месяцы предприятию стоит стимулировать спрос, применяя бесплатную доставку. При этом должно выполняться условие, что уровень спроса находится либо в отличном, либо в удовлетворительном состоянии. При условии, что уровень спроса хороший, директору магазина не следует ничего предпринимать. В 3-ем месяце, независимо от состояния системы, магазину следует организовать бесплатную доставку мебели. Суммарный ожидаемый доход за 3 месяца составит $f_1(1) = 303,61$ при отличном уровне продаж в 1-ый месяц, $f_1(2) = 272,98$ – при хорошем уровне и $f_1(3) = 255,01$ – при удовлетворительном уровне продаж в 1-ый месяц [3, 216].

Литература

1. Дорогов, В. Г. Введение в методы и алгоритмы принятия решений: учебное пособие / В. Г. Дорогов, Я. О. Теплова. – М.: ИД ФОРУМ, ИНФРА-М, 2012. – 240 с.
2. Колбин, В. В. Математические методы коллективного принятия решений: учебное пособие / В. В. Колбин. – СПб.: Лань, 2015. – 256 с.
3. Юдин, Д. Б. Вычислительные методы теории принятия решений / Д. Б. Юдин. – М.: КД Либроком, 2014. – 320 с.

Афлетунова Г. Э.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПОИСК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА ЛИТТЛА

Аннотация. Алгоритм Литтла является частным методом «ветвей и границ» и применяется для решения задачи коммивояжера. В статье описывается общий алгоритм решения задачи с примером. Процесс построения маршрута представлен в виде построения двоичного корневого дерева решений.

Ключевые слова: алгоритм Литтла, задача коммивояжера, граф, математическое моделирование.

Алгоритм Литтла применяют для поиска решения задачи коммивояжера в виде гамильтонова контура. Данный алгоритм используется для поиска оптимального гамильтонова контура в графе, имеющем N вершин, причем каждая вершина i связана с любой другой вершиной j двуполосной дугой. Каждой дуге присвоен вес C_{ij} , причем веса дуг строго положительные ($C_{ij} \geq 0$). Веса дуг образуют матрицу стоимостей. Все элементы по диагонали матрицы приравнивают к бесконечности ($C_{ij} = \infty$).

В случае если пара вершин i и j не связана между собой (граф не полносвязный), то соответствующему элементу матрицы стоимости присписываем вес, равный длине минимального пути между вершинами i и j . Если в итоге дуга (i, j) войдет в результирующий контур, то ее необходимо заменить соответствующим ей путем. Матрицу оптимальных путей между всеми вершинами графа можно получить, применив алгоритм Данцига или Флойда.

Алгоритм Литтла является частным случаем применения метода «ветвей и границ» для конкретной задачи. Общая идея тривиальна: нужно разделить огромное число перебираемых вариантов на классы и получить оценки (снизу – в задаче минимизации, сверху – в задаче максимизации) для этих классов, чтобы иметь возможность отбрасывать варианты не по одному, а целыми классами. Трудность состоит в том, чтобы найти такое разделение на классы (ветви) и такие оценки (границы), чтобы процедура была эффективной.

Алгоритм решения задачи выглядит следующим образом:

1. в каждой строке матрицы стоимости найдем минимальный элемент и вычтем его из всех элементов строки. Сделаем это и для столбцов, не содержащих нуля. Получим матрицу стоимости, каждая строка и каждый столбец которой содержат хотя бы один нулевой элемент.

2. для каждого нулевого элемента матрицы c_{ij} рассчитаем коэффициент $G_{i,j}$, который равен сумме наименьшего элемента i строки (исключая элемент $c_{ij}=0$) и наименьшего элемента j столбца. Из всех коэффициентов $G_{i,j}$ выберем такой, который является максимальным $G_{k,l}=\max\{G_{i,j}\}$. В гамильтонов контур вносится соответствующая дуга (k,l) .

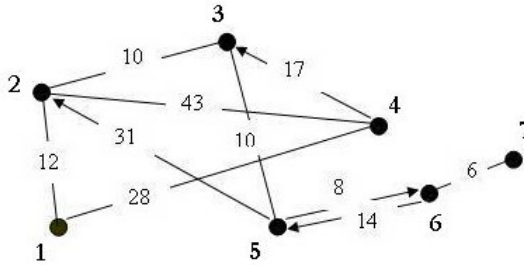
3. удаляем k -тую строку и столбец l , поменяем на бесконечность значение элемента $C_{l,k}$ (поскольку дуга (k,l) включена в контур, то обратный путь из l в k недопустим);

4. повторяем алгоритм шага 1, пока порядок матрицы не станет равным двум;

5. затем в текущий ориентированный граф вносим две недостающие дуги, определяющиеся однозначно матрицей порядка 2. Получаем гамильтонов контур.

В ходе решения ведется постоянный подсчет текущего значения нижней границы. Нижняя граница равна сумме всех вычтенных элементов в строках и столбцах. Итоговое значение нижней границы должно совпасть с длиной результирующего контура.

Рассмотрим пример. Пусть в графе (рисунок) необходимо найти оптимальный маршрут коммивояжера.



Граф к примеру задачи

Пронумеруем вершины исходного графа и составим матрицу длин кратчайших дуг между каждой парой вершин D_0 , в случае, если дуги между вершиной i и j не существует, элементу $d_{i,j}$ матрицы присваивается значение ∞ . В матрице D_0 присутствуют элементы, имеющие зна-

чение ∞ , что недопустимо. Заменяем бесконечные дуги на длины кратчайших путей между соответствующими вершинами (за исключением диагональных элементов которым присвоим значения бесконечности). В результате получим следующую матрицу стоимостей (таблица).

Матрица стоимостей

∞	12	22	28	32	40	46
12	∞	10	40	20	28	34
22	10	∞	50	10	18	24
28	27	17	∞	27	35	41
32	20	10	60	∞	8	14
46	34	24	74	14	∞	6
52	40	30	80	20	6	∞

Далее следуем пунктам 1-5 алгоритма действий, описанного выше.

После того, как ранг матрицы становится равным двум, мы получаем нули в каждой ее строке и столбце (добавив как и ранее вычтенные элементы матрицы к нижней границе) и добавляем к маршруту комивояжера дуги, которым соответствуют нулевые элементы.

Вспомним, что в процессе решения мы заменили некоторые элементы матрицы стоимостей (которые по умолчанию являются дугами графа) путями между соответствующими вершинами. Теперь, если такие дуги имеются в составе полученного оптимального контура, необходимо заменить их на эти пути (для этого используется таблица кратчайших путей, полученная предварительно с помощью алгоритма Флойда или Данцига). Дуге (1, 4) соответствует путь (1, 4); дуге (6, 7) – путь (6, 7); дуге (2, 1) соответствует путь (2, 1); дуге (3, 2) – путь (3,2); дуге (5, 3) соответствует путь (5, 3); дуге (7, 5) – путь 7-6-5; дуге (4, 6) – путь 4-3-5-6.

То есть оптимальный контур для нашего графа: 1-4-3-5-6-7-6-5-3-2-1 длиной 121 единицу.

Литература

1. Акимов, О. Е. Дискретная математика. Логика, группы, графы / О. Е. Акимов. – М.: изд. дом «Лаборатория базовых знаний», 2013. – 376 с.
2. Новиков, Ф. А. Дискретная математика для программистов / Ф. А. Новиков. – С.-Петербург: изд. дом «Питер», 2012. – 304 с.

Долгоруков А. И.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ ЗАДАЧИ О РАНЦЕ МЕТОДОМ ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ

Аннотация. В статье ставится задача – рассмотреть решение практической одномерной задачи о ранце. В качестве способа решения используется метод ветвей и границ. Приводится пример задачи с составлением математической модели, рассмотрением подмножеств и составлением оптимального плана.

Ключевые слова: задача о ранце, метод ветвей и границ.

Задача о ранце (или задача о рюкзаке) – одна из NP-трудных задач комбинаторной оптимизации. Постановка задачи. 1929 год. В США великая депрессия, введен сухой закон. Страна просто задыхается без спиртного. В этот сложный момент группа инициативных граждан под руководством Аль Ка-поне решает помочь родной стране. Ими планируется поставка алкогольной продукции из Ливерпуля в Штаты. Благодарные сограждане из 5 крупных городов США готовы платить большие деньги за тонну спиртного: 2000 долл. в Бостоне, 3000 – в Детройте, 2500 – в Вашингтоне, 3200 – в Нью-Йорке и 1800 долл. в Чикаго. Все 5 городов находятся на разном расстоянии от порта, куда прибывает груз: Бостон – 250 миль, Детройт – 300 миль, Вашингтон – 500 миль, Нью-Йорк – 100 миль и Чикаго – 600 миль. Требуется выбрать города, в которых можно получить максимальную прибыль от продажи спиртного. При этом суммарное расстояние от этих портов до порта с грузом не должно превышать 1000 миль.

Данная задача является задачей о ранце вида:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_j \cdot x_j \leq b \\ x_j \in \{0; 1\}, \quad j = \overline{1, n} \\ x_j - \text{целые} \end{cases},$$

где критерием является функция, которая может быть устремлена и к максимуму, и к минимуму.

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \cdot$$

Для начала составим следующую математическую модель:

Пусть $x_j = \{0; 1\}$ – j -тый город, откуда соответственно $j = \overline{1,5}$. При этом, если в j -тый город будет разгружаться алкогольная продукция, то $x_j = 1$, иначе $x_j = 0$. Другим ограничением будет являться суммарное расстояние до порта с грузом. Таким образом:

$$\begin{cases} 250 \cdot x_1 + 300 \cdot x_2 + 500 \cdot x_3 + 100 \cdot x_4 + 600 \cdot x_5 \leq 1000 \\ x_j \in \{0; 1\} \quad j = \overline{1,5} \\ x_j - \text{целые} \end{cases};$$

Целевой функцией или критерием будет являться максимальная благодарность сограждан:

$$F(x) = 2000 \cdot x_1 + 3000 \cdot x_2 + 2500 \cdot x_3 + 3200 \cdot x_4 + 1800 \cdot x_5 \rightarrow \max.$$

Далее отбираем порты по приоритетности, т. е. в порядке убывания отношения c_j/a_j :

$$\frac{c_1}{a_1} = \frac{2000}{250} = 8 \quad (3); \quad \frac{c_2}{a_2} = \frac{3000}{300} = 10 \quad (2); \quad \frac{c_3}{a_3} = \frac{2500}{500} = 5 \quad (4); \quad \frac{c_4}{a_4} = \frac{3200}{100} = 32 \quad (1);$$

После этого определяем начальный план следующим образом: пусть $x_4 = 1$, поскольку отношение c_4/a_4 наибольшее, и следовательно, продажа спиртного в Нью-Йорке даст наибольшую прибыль при наименьших затратах, которые зависят от расстояния. Вычитая из суммарного расстояния $b = 1000$ расстояние до порта, мы получим расстояние, которое разделяется между остальными городами, т. е.:

$$x_4 = 1, \quad b = 1000 - 100 = 900.$$

Аналогично рассуждая, далее получаем:

$$x_2 = 1, \quad b = 900 - 300 = 600; \quad x_1 = 1, \quad b = 600 - 250 = 350.$$

В последнем случае оставшееся после других городов расстояние меньше 500 миль, поэтому x_3 будет дробным: $500 \cdot x_3 = 350, \Rightarrow x_3 = 350/500 = 0,7$.

Таким образом, начальный опорный план: $x'' = (1; 1; 0,7; 1; 0)$.

Значение целевой функции:

$$F(x'') = 2000 + 3000 + 2500 \cdot 0,7 + 3200 = 9950.$$

Но x_j – обязательно целое. Поэтому чтобы определить, чему все же равен x_3 : 0 или 1, вычислим следующие значения:

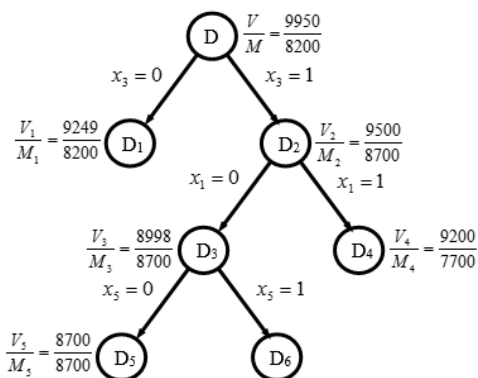
$V = [\max F(x'')] = [9950] = 9950$; – целая часть критерия при существующем опорном плане;

$M = F(x^0) = 2000 + 3000 + 3200 = 8200$; – значение критерия при целочисленном опорном плане, т. е. $x_j^0 = [x_j''] = (1; 1; 0; 1; 0)$.

Множество D , которому принадлежит $x_j^0 = (1; 1; 0; 1; 0)$, имеет $V/M = 9950/8200$, $\text{Rec} = 8200$. Разделим его на 2 подмножества, такие что: $D = D_1 \vee D_2$; $D_1 = \{\bar{x} \mid \bar{x} \in D, x_3 = 0\}$; – здесь $x_3 = 0$.

$D_2 = \{\bar{x} \mid \bar{x} \in D, x_3 = 1\}$; – здесь $x_3 = 1$.

При анализе подмножеств получаем следующий итог (рисунок).



Решение задачи

Таким образом, оптимальным планом данной задачи будет: $x^* = (0; 1; 1; 1; 0)$, то есть алкоголь выгоднее всего поставлять в 3 города: Детройт, Вашингтон и Нью-Йорк. При этом прибыль составит 8700 долл.

Литература

1. Шикин, Е. В. Исследование операций: учеб. / Е. В. Шикин, Г. Е. Шикина. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2013. – 280 с.

Королёва С. А.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВА КРАСОК

Аннотация. В статье рассматривается применение метода ветвей и границ для определения оптимального времени цикла производства красок с учетом потраченного времени на переналадку оборудования.

Ключевые слова: метод ветвей и границ, редукция, оптимальное время, ветвление.

Задачи дискретной оптимизации имеют конечное множество допустимых решений, которые теоретически можно перебрать и выбрать наилучшее. Практически же зачастую это бывает неосуществимо даже для задач небольшой размерности. В методах неявного перебора делается попытка так организовать перебор, используя свойства рассматриваемой задачи, чтобы отбросить часть допустимых решений. Наибольшее распространение среди схем неявного перебора получил метод ветвей и границ, в основе которого лежит идея последовательного разбиения множества допустимых решений.

Общая идея метода может быть описана на примере поиска минимума функции $f(x)$ на множестве допустимых значений переменной x . Для метода ветвей и границ необходимы две процедуры: ветвление и нахождение оценок (границ).

Процедура ветвления состоит в разбиении множества допустимых значений переменной x на подобласти (подмножества) меньших размеров [2]. Процедура нахождения оценок заключается в поиске верхних и нижних границ для решения задачи на подобласти допустимых значений переменной x .

Рассмотрим применение метода для решения задачи о производстве красок. Имеется производственная линия для производства $n=6$ красок разного цвета; обозначим эти краски номерами 1, 2... 6. Всю производственную линию будем считать одним процессором. Будем считать также, что одновременно процессор производит только одну краску, поэтому краски нужно производить в некотором порядке. После окон-

чания производства краски i и перед началом производства краски j надо отмыть оборудование от краски i . Для этого требуется время $C[i,j]$. Очевидно, что $C[i,j]$ зависит как от i , так и от j , и что, вообще говоря, $C[i,j] \neq C[j,i]$. При некотором выбранном порядке придется на цикл производства красок потратить время $f = \sum C_{ij} + \sum_{k=1}^n t_k$, где t_k – чистое время

производства k -ой краски (не считая переналадок). Однако вторая сумма в правой части постоянна, поэтому полное время на цикл производства минимизируется вместе с общим временем на переналадку. Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 1.

Таблица 1. Время переналадки оборудования при переходе от одной краски к другой (в минутах)

Краска	1	2	3	4	5	6	Время на изготовление краски (мин.)
1	-	25	32	35	23	34	115
2	32	-	44	45	27	44	134
3	43	45	-	56	36	42	96
4	27	33	32	-	23	43	107
5	48	41	21	27	-	36	167
6	36	28	29	23	45	-	165

Найдем в каждой строке минимальное значение. Эти минимальные элементы по строкам, обозначаемые как d_i , впишем в дополнительный столбец. Далее произведем редукцию строк, то есть вычтем из каждого элемента строки соответствующий ей минимальный элемент. Теперь найдем минимальное значение в каждом столбце. Эти минимальные элементы по столбцам, обозначаемые как d_j , впишем в дополнительную строку. Произведем редукцию столбцов, то есть вычтем из каждого элемента столбца соответствующий ему минимальный элемент (d_j)

В получившейся матрице найдем нулевые клетки и вычислим для них оценки. Они находятся следующим образом: в строке, соответствующей нулевой клетке, находится минимальное число (при этом сама нулевая клетка, для которой ищется оценка, в расчет не принимается; но другие нулевые клетки учитываются). Также минимум ищется в столбце нулевой клетки (она сама при этом точно также в расчет не принимается, в отличие от иных нулевых клеток). Затем эти два минимума складываются. Получившееся в результате число и есть оценка. Далее эта же последовательность действий повторяется для всех нулевых клеток. Получившиеся оценки представлены в табл. 2.

Таблица 2. Вычисленные оценки после редукции строк и столбцов

Краска	1	2	3	4	5	6	$d(i)$
1	-	0 (3)	9	12	0 (0)	5	23
2	1	-	17	18	0 (1)	11	27
3	3	7	-	20	0 (0)	0 (5)	36
4	0 (1)	8	9	-	0 (0)	14	23
5	23	18	0 (12)	6	-	9	21
6	9	3	6	0 (9)	22	-	23
$d(j)$	4	2	0	0	0	6	

Далее найдем среди вычисленных оценок нулевых клеток максимальную оценку. Проведем редукцию матрицы – полностью исключим строку и столбец, соответствующие нулевой клетке с максимальной оценкой [1]. Исключенные строка и столбец дают нам один из отрезков оптимального перехода: строка соответствует краске, которую необходимо изготавливать в первую очередь, столбец – следующей краске. В нашем случае это отрезок $5 \rightarrow 3$ и его длина равна 21 минуте. Далее процесс повторяется до тех пор, пока мы не найдем все переходы от одного цвета красок к другой.

Таким образом, мы нашли оптимальное (кратчайшее) время наладок оборудования при переходе производства краски от одного цвета к другому. Ему соответствует следующий маршрут: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 1$, который равен 165 минутам. Учитывая время для производства самой краски, рассчитаем продолжительность всего производственного цикла:

$$f = \sum C_{ij} + \sum_{k=1}^n t_k = 165 + (115 + 134 + 96 + 107 + 167 + 165) =$$

$$= 784 \text{ минуты} \approx 13,1 \text{ часа.}$$

Метод ветвей и границ позволяет найти оптимальное решение при планировании какого-либо процесса, тем самым позволяет наилучшим образом распределить временные и финансовые ресурсы.

Литература

1. Гончаренко, В. М. Математические методы и модели операций. Руководство к решению задач / В. М. Гончаренко. – М.: Финансовая Академия, 2006. – 302 с.
2. Черноморов, Г. А. Теория принятия решений: учебное пособие / Г. А. Черноморов. – Новочеркасск: Электромеханика, 2002. – 276 с.

Костромина Е. В.

Научный руководитель: Бакуменко Л. П., д-р экон. наук, профессор
Поволжский государственный технологический университет

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНОВ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

***Аннотация.** Представлена модель формирования демографического потенциала регионов Приволжского федерального округа под влиянием показателей качества жизни.*

***Ключевые слова:** демография, качество жизни, регрессионный анализ, панельные данные.*

Изучение тенденций развития демографических процессов необходимо для прогнозирования будущей структуры трудовых ресурсов, уровня потребительского спроса, демографической нагрузки на трудоспособное население. Кроме того, многие из показателей демографического развития являются индикаторами качества жизни в данном регионе. Например, уровень заболеваемости населения, ожидаемая продолжительность жизни, доля смертности от ряда заболеваний характеризуют доступность для населения качественной медицинской помощи, возможность обеспечить правильное питание, образ жизни, соблюдение норм безопасности жизнедеятельности на рабочих местах, соответствие квартир и частных домов жилищным нормам [1].

Демографический потенциал регионов включает в себя такие характеристики населения, как рождаемость, смертность, здоровье, уровень образования и др. Данные по этим показателям за 2000-2016 гг. были использованы для расчета интегрального показателя демографического развития регионов Приволжского федерального округа. Максимальное значение данного показателя в 2016 г. наблюдалось у республики Татарстан, минимальное – у Пензенской области.

Так как временные ряды по многим показателям социально-экономического развития ограничены 10-15 наблюдениями, был выбран формат панельных данных, позволяющий получить длинный ряд наблюдений: $10 \times 14 = 140$, что повышает точность модели.

Для данного исследования были взяты данные по 12 социально-экономическим показателям 14 регионов ПФО за 2005-2015 гг.

Качество жизни в регионе представлено показателями сферы образования (объем платных услуг населению в сфере образования на душу населения; среднемесячная номинальная начисленная заработная плата на одного работника образования); и жилищной инфраструктуры (общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя; удельный вес расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг в процентах от общей суммы потребительских расходов; удельный вес площади жилищного фонда, оборудованной горячим водоснабжением, в общей площади всего жилищного фонда; число семей, получивших жилые помещения и улучшивших жилищные условия).

На основе интегрального показателя демографического развития была построена between-регрессия, отражающая зависимость демографического потенциала регионов ПФО от показателей качества жизни:

$$\hat{D}_{it} = 1,35 + 0,22E_{it} + 0,49P_{it} + 0,04S_{it} - 0,07K_{it} + 0,02H_{it} + 0,16F_{it}$$

$t_{\text{statistic}} \quad (1,9) \quad (2,2) \quad (2,16) \quad (-2,65) \quad (2,61) \quad (1,61),$

где E_{it} – объем платных услуг населению в сфере системы образования (тыс. руб.); P_{it} – среднемесячная номинальная начисленная заработная плата на одного работника образования (руб.); S_{it} – общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя (кв. м.); K_{it} – удельный вес расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг (в % от общей суммы потребительских расходов); H_{it} – удельный вес площади жилищного фонда, оборудованной горячим водоснабжением, в общей площади всего жилищного фонда; F_{it} – число семей, получивших жилые помещения и улучшивших жилищные условия. Здесь и далее i – номер региона, $i = \overline{1,14}$; t – год, $t = \overline{2006,2004}$.

Проверка при помощи теста Вальда и теста Бройша-Пагана подтвердила выбор сквозной регрессии:

$$R^2_{\text{between}} (\beta_w) = 0,79,$$

$$F(6,7) = 2,53,$$

$$\Pr ob > F = 0,1255,$$

$$\text{Wald}(9) = 51,94.$$

Другими словами, изменение средних по времени показателей для каждого региона оказывает более существенное влияние на каждую переменную, нежели временные колебания этих показателей относительно

но средних. В рамках нашей модели межиндивидуальные различия проявляются сильнее, чем динамические. Это свидетельствует в пользу необходимости учета индивидуальных эффектов и против модели сквозного оценивания.

Таким образом, на формирование демографического развития региона существенное воздействие оказывают показатели качества жизни.

Литература

1. Бакуменко, Л. П. Анализ дифференциации регионов РФ с учетом неэкономических факторов качества проживания населения / Л. П. Бакуменко // Актуальные проблемы экономики современной России. – 2016. – №3. – С. 14-20.
2. Смелов, П. А. Статистический анализ демографической безопасности Российской Федерации / П. А. Смелов, Е. А. Егорова, М. В. Карманов // Вопросы статистики. – 2016. – №10. – С. 64-72.
3. Соболева, С. В. Демографическая безопасность России: региональные измерители, оценка результатов / С. В. Соболева, Н. Е. Смирнова, О. В. Чудаева // Мир новой экономики. – 2016. – №4. – С. 142-153.

УДК 517

Мазуренко А. М.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ОТК ЗАВОДА

Аннотация. *Представлен расчет для ОТК завода необходимого количества сотрудников при помощи системы массового обслуживания.*

Ключевые слова: *система массового обслуживания, граф, вероятность отказа, канал, поток.*

Большое количество экономических задач связано с системами массового обслуживания [3].

На предприятиях с большой производственной мощностью существует потребность в качественной проверке выпускаемой продукции. Качественно производимый продукт – лицо предприятия.

Для определения количества сотрудников отдела ОТК, необходимых для проверки качества деталей, используют системы массового обслуживания.

Системы массового обслуживания классифицируются по следующему признаку:

1. одноканальные;
2. многоканальные.

Одноканальные и многоканальные делятся:

1. с отказами;
2. с ожиданием при ограниченной очереди;
3. с ожиданием при неограниченной очереди.

У систем с отказами очередь отсутствует, и наоборот, системы с ожиданием имеют очередь.

Для систем массового обслуживания (СМО) существуют показатели эффективности:

- относительная пропускная способность – средняя доля поступающих заявок;
- абсолютная пропускная способность – среднее количество заявок, обслуживаемых системой в единицу времени;
- вероятность отказа – возможность заявки покинуть систему без обслуживания [2].

Для моделирования СМО необходимы:

- характеристики входящего потока заявок;
- характеристики механизма обслуживания;

Поток заявок – последовательность заявок.

Интенсивность потока заявок λ – число заявок в единицу времени.

Стационарность – неизменность поступления заявок.

Отсутствие последствия – число заявок, поступивших в одно время, не влияют на число заявок, поступивших в другое время.

Граф состояний показывает работу системы. Переход из состояния в состояние под воздействием потока заявок и их обслуживания.

Система уравнений СМО для определения вероятностей состояний выглядит следующим образом:

$$\lambda_{01} * P_0 = \lambda_{10} * P_1,$$

$$(\lambda_{10} + \lambda_{12}) * P_1 = \lambda_{01} * P_0 + \lambda_{21} * P_2,$$

$$(\lambda_{i(i-1)} + \lambda_{i(i+1)}) * P_i = \lambda_{i(i-1)} * P_{i-1} + \lambda_{i(i+1)} * P_{i+1},$$

$$(\lambda_{k(k-1)} + \lambda_{k(k+1)}) * P_k = \lambda_{k(k-1)} * P_{k-1} + \lambda_{k(k+1)} * P_{k+1},$$

$$\lambda_{k(k-1)} * P_k = \lambda_{k(k-1)} * P_{k-1},$$

где P_t – вероятность;

$\lambda_{t(t-1)}\lambda_{t(t+1)}$ – интенсивность перехода.

Применяя систему уравнений и следующее уравнение $\sum_{t=0}^{\kappa} P_t = 1$,
вычислим:

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} + \lambda_{01} * \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} * \lambda_{10} + \dots + \lambda_{01} * \lambda_{12} \dots \frac{\lambda_{(t-1)*t}}{\lambda_{t*(t-1)}} \dots \lambda_{21} * \lambda_{10} + \dots \right)^{-1} \\ + \lambda_{01} * \lambda_{12} \dots \lambda_{(t-1)t} \dots \frac{\lambda_{(\kappa-1)*\kappa}}{\lambda_{\kappa*(\kappa-1)}} \dots \lambda_{t(t-1)} \dots \lambda_{21} * \lambda_{10}$$

Далее:

$$P_t = \left(\lambda_{01} * \lambda_{12} \dots \frac{\lambda_{(t-1)t}}{\lambda_{t(t-1)}} \dots \lambda_{12} * \lambda_{10} \right) * P_0.$$

На данный момент на предприятии работает 3 человека, которые занимаются проверкой продукции. Существует вероятность того, что деталь, поступившая на контроль, когда все сотрудники заняты, рискует остаться непроверенной. В среднем поступает 24 детали за час времени. Сотрудник в среднем тратит 5 минут на проверку. Нужно определить вероятность того, что деталь окажется необслуженной, загруженность сотрудников (определить необходимое количество)

Для начала определяем вероятность простоя каналов:

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda * \lambda}{\mu * 2 * \mu} + \frac{\lambda * \lambda * \lambda}{\mu * 2 * \mu * 3 * \mu} \right)^{-1} = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{1} * 2 + \frac{\rho^3}{1} * 2 * 3 \right)^{-1} = \\ = \frac{1}{1 + 22 + 1,3} = 0,1587.$$

Найдем вероятность отказа в обслуживании:

$$P_{отк} = 2^3 * \frac{0,1587}{3!} = 0,21.$$

Вероятность обслуживания:

$$P_{обс} = 1 - 0,21 = 0,79.$$

Среднее число занятых каналов:

$$n_3 = 2 * 0,79 = 1,58.$$

Каналы, занятые обслуживанием:

$$\kappa_3 = \frac{1,57}{3} = 0,316.$$

При $n=3$ $P_{обс} = 0,79 \leq 0,95$ – не подходит.

При $n = 5$ $P_{обс} = 0,965 \geq 0,95$ – подходит, при этом

$$P_0 = 0,137, P_{отк} = 0,035, P_{обс} = 0,965 [1].$$

В итоге получились следующие результаты: при 3 сотрудниках ОТК вероятность того, что деталь не будет обслужена – 21%, сотрудники будут обслуживать 53% деталей, чтобы такого не происходило, необходимо иметь 5 сотрудников.

Таким образом, при помощи СМО была решена задача для ОТК завода. Система массового обслуживания подходит для решения большинства экономических задач.

Литература

1. SDE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sde.ru/files/t/Kazakov/Book/section4.pdf>.
2. S life-prog [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/1_28716_klassifikatsiya-smo.html.
3. Cyberleninka [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/garantiynaya-servisnaya-sluzhba-kak-sistema-massovogo-obsluzhivaniya>.

УДК 519.872.2

Павлов С. А.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РАССМОТРЕНИЕ ОДНОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОЖИДАНИЕМ И ОГРАНИЧЕННЫМ ЧИСЛОМ ТРЕБОВАНИЙ

Аннотация. В данной статье рассматривается модель массового обслуживания с ожиданием. Для данной модели построен граф состояний и выведены основные характеристики этой модели.

Ключевые слова: система массового обслуживания, теория массового обслуживания.

Модели массового обслуживания широко применяются в нашей повседневной жизни. Их применение распространено в различных сферах экономики: транспорта, медицины, логистики.

Система массового обслуживания (СМО) – это любая система, предназначенная для обслуживания любого массового потока случайных запросов.

В СМО с ожиданием, когда заявка (требование) поступает, оно присоединяется к очереди обслуживания до тех пор, пока один из каналов не будет освобожден. После завершения процедуры обслуживания очередного требования, канал обслуживания начинает обслуживать следующее требование, если оно находится в ожидании [1].

Основными элементами СМО являются:

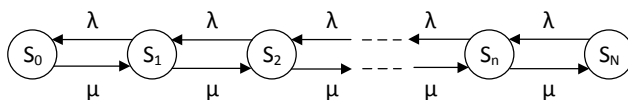
- входящий поток поступающих требований;
- очередь требований;
- обслуживающие устройства (каналы);
- выходящий поток требований.

К критериям эффективности систем массового обслуживания относятся:

- относительная пропускная способность;
- абсолютная пропускная способность;
- вероятность отказа;
- среднее число занятых каналов.

Рассмотрим систему с ожиданием и ограниченным числом требований. Предположим, что имеется одноканальная СМО с входящим потоком заявок $\lambda = 0,75$ и интенсивностью потока μ . Длительность обслуживания в среднем равно 1,2 час. Когда заявка (требование) поступает, она становится в очередь и ожидает обслуживания. Ограничением будет являться вместимость N-заявок (требований) равное 5, т. е. при заполнении следующее требование будет отклонено. Определим вероятностные характеристики.

Граф состояний СМО будет иметь вид (рисунок):



Граф состояний одноканальной СМО

- S_0 – канал свободен;
- S_1 – канал занят (при отсутствии очереди);
- S_2 – канал занят (при наличии очереди);

- S_n – канал занят ($n - 1$ заявок в очереди);
- S_N – канал занят ($N - 1$ заявок в очереди).

Определим характеристики одноканальной СМО с ожиданием и ограниченной длиной очереди, равной ($N - 1$).

Параметр потока обслуживания:

$$\mu = \frac{1}{t} = \frac{1}{1,2} = 0,833.$$

Приведенная интенсивность потока:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,75}{0,833} = 0,90.$$

Финальные вероятности системы (P_n), вероятность того, что в системе находится 0 или  заявок:

$$P_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}} = \frac{1 - 0,90}{1 - 0,90^5} \approx 0,244,$$

$$P_1 = \rho \cdot P_0 = 0,90 \cdot 0,244 \approx 0,219,$$

$$P_2 = \rho^2 \cdot P_0 = 0,90^2 \cdot 0,244 \approx 0,178,$$

$$P_3 = \rho^3 \cdot P_0 = 0,90^3 \cdot 0,244 \approx 0,160,$$

$$P_4 = \rho^4 \cdot P_0 = 0,90^4 \cdot 0,244 \approx 0,144.$$

Вероятность отказа ($P_{отк}$), средняя доля необслуженных заявок среди всех поступивших:

$$P_{отк} = P_4 \approx 0,144.$$

Относительная пропускная способность (q), средняя доля обслуженных заявок среди всех поступивших:

$$q = 1 - P_{отк} = 1 - 0,144 = 0,855.$$

Абсолютная пропускная способность (A), среднее число заявок, которое может обслужить система:

$$A = \lambda \cdot q = 0,75 \cdot 0,855 = 0,641.$$

Среднее число находящихся в системе заявок:

$$L_s = \frac{\rho[1 - (N + 1) \cdot \rho^N + N + \rho^{N+1}]}{(1 - \rho) \cdot (1 - \rho^{N+1})} = 2,19.$$

Среднее время пребывания заявки в системе:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda(1 - P_N)} = 3,41.$$

Средняя продолжительность пребывания клиента (заявки) в очереди:

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = 2,21.$$

Среднее число заявок (клиентов) в очереди (длина очереди):

$$L_q = \lambda \cdot (1 - P_N) \cdot W_q = 1,42.$$

В результате данную систему можно считать эффективной, т. к. процент отказа равен 14% случаев.

Таким образом, в результате проведенного исследования получены математические соотношения, позволяющие легко синтезировать модель системы массового обслуживания с ожиданием. Следовательно, с помощью полученных зависимостей, носящих универсальный характер, допускается использование их для моделирования реального процесса, описываемого системой массового обслуживания данного типа.

Литература

1. Гармаш, А. Н. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 391 с.

УДК 519.872

Ракипова Д. Р.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПУАССОНОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗАДАЧАХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрена роль пуассоновских потоков событий в классических системах массового обслуживания, в процессах риска и задачах теории надежности. Рассмотрены некоторые свойства пуассоновских потоков.

Ключевые слова: однородный портфель финансовых инструментов, процесс риска, пуассоновский поток, система массового обслуживания, событие.

С системами массового обслуживания (СМО) мы сталкиваемся ежедневно. Самым простым примером СМО является очередь в магазине или на остановке автобуса, которая появляется из-за того, что у тех, кто занимается обслуживанием, нет возможности обслужить всех сразу. Не случайно, в публикациях на английском языке теорию массового об-

служивания называют теорией очередей. Можно привести множество примеров, когда проявляются проблемы массового обслуживания – невозможность дозвониться по нужному номеру, скопление самолётов над аэродромом из-за отсутствия посадочных полос и т. д. [1].

Общая особенность всех задач теории массового обслуживания – случайный характер исследуемых явлений. Действительно, количество требований на обслуживание – случайная величина. Временной интервал между поступлением требований – случайная величина. И, наконец, время обслуживания каждой заявки – также случайная величина. Поэтому решение всех задач массового обслуживания основывается на методах теории вероятностей.

Основным элементом СМО является поток событий – последовательность событий, происходящих одно за другим в случайные моменты времени. Пуассоновским или простейшим потоком называют поток, который обладает свойствами стационарности, отсутствия последдействия и ординарности. Название «пуассоновский» связано с тем, что для этого потока число событий, попадающих на любой фиксированный интервал времени, будет распределено по закону Пуассона.

Пуассоновский поток играет среди потоков событий особую роль, до некоторой степени аналогичную роли нормального закона среди других законов распределения. Можно доказать, что аналогично тому, как при суммировании большого числа независимых случайных величин, подчиненных практически любым законам распределения, получается величина, приближенно распределенная по нормальному закону, при суммировании большого числа ординарных, стационарных потоков с практически любым последствием получается поток, сколь угодно близкий к пуассоновскому. Условия, которые должны для этого соблюдаться, аналогичны условиям центральной предельной теоремы, а именно – складываемые потоки должны оказывать на сумму приблизительно одинаковое влияние [2].

Так, пуассоновским потоком событий очень часто являются потоки отказов в теориях риска и надежности [3]. Последний факт позволяет эффективно моделировать однородные портфели финансовых инструментов, описанные в терминах различных языков моделирования [4, 5]. Пуассоновским потоком являются и события обслуживания клиентов финансовых институтов в контексте безопасности [6].

Пуассоновским потоком называют ординарный поток заявок с отсутствием последдействия, у которых количество заявок, поступающих в систему за промежутки времени, распределено по закону Пуассона:

$$P(k, t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, t > 0, \lambda > 0,$$

где $P(k, t)$ – вероятность того, что за время t в систему поступит ровно k заявок,

λ – интенсивность потока.

Поток событий, обладающий тремя свойствами – стационарностью, отсутствием последействия, ординарностью – называется простейшим, или стационарным пуассоновским потоком [1].

В теории вероятностей стационарный пуассоновский поток называют законом редких явлений (отказов), когда система содержит много элементов. Следовательно, пуассоновский поток отказов характерен для сложных систем, состоящих из большого числа высоконадежных элементов, потоки отказов которых являются независимыми. При суммировании этих потоков, даже если они обладают последствиями, получается пуассоновский поток без последствий.

Если поток событий нестационарен, то его основной характеристикой является мгновенная плотность. Мгновенной плотностью потока называется предел отношения среднего числа событий m , приходящегося на элементарный участок времени, к длительности этого участка, когда последний стремится к нулю:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{m(t + \Delta t) - m(t)}{\Delta t} = m(t).$$

Подводя итог, можно утверждать, что модель пуассоновского потока событий является адекватным описанием множества реальных систем из самых разных отраслей знания. При этом простота этой модели позволяет легко решать множество задач оценки различных характеристик стохастических систем и стохастической оптимизации.

Литература

1. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания [Текст] / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – М.: ЛКИ, 2012. – 400 с.
2. Кофман, А. Массовое обслуживание. Теория и приложения [Текст] / А. Кофман, Р. Крюон. – М.: Мир, 1965. – 302 с.
3. Уразаева, Т. А. Модели риска в технико-экономическом обосновании инфраструктурных решений [Текст] / Т. А. Уразаева // Современные проблемы и перспективы социально-экономического развития предприятий, отраслей, регионов: сборник статей. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 161-164.
4. Уразаева, Т. А. Алгебраические аспекты имитационного моделирования портфелей срочных финансовых инструментов [Текст] / Т. А. Уразаева, А. В.

Бородин // Материалы конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика». ИММОД-2013. Т. 1. – Казань: Издательство «Фэн» Академии наук РТ, 2013. – С. 282-286.

5. Уразаева, Т. А. Синтаксическая модель языка визуального представления развивающихся экономик [Текст] / Т. А. Уразаева // Обзорные прикладной и промышленной математики. – 2006. – Т. 13. – С. 147.

6. Бородин, А. В. Архитектура информационной системы поддержки принятия решений по управлению персоналом розничной подсистемы коммерческого банка / А. В. Бородин // Программные системы и вычислительные методы. – 2014. – № 2. – С. 174-190. – DOI: 10.7256/2305–6061.2014.2.12331.

УДК 519.86

Садовин А. Э.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА СТАЦИОНАРНОЙ СТРАТЕГИИ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

***Аннотация.** Рассматривается модифицированная концептуальная схема марковской модели принятия решений.*

***Ключевые слова:** стационарные стратегии, теория принятия решений, марковская модель.*

Марковские случайные процессы названы по имени выдающегося русского математика А. А. Маркова (1856-1922), впервые начавшего изучение вероятностной связи случайных величин и создавшего теорию, которую можно назвать «динамикой вероятностей». В дальнейшем основы этой теории явились исходной базой общей теории случайных процессов, а также таких важных прикладных наук, как теория диффузионных процессов, теория надежности, теория массового обслуживания и т. д. [3].

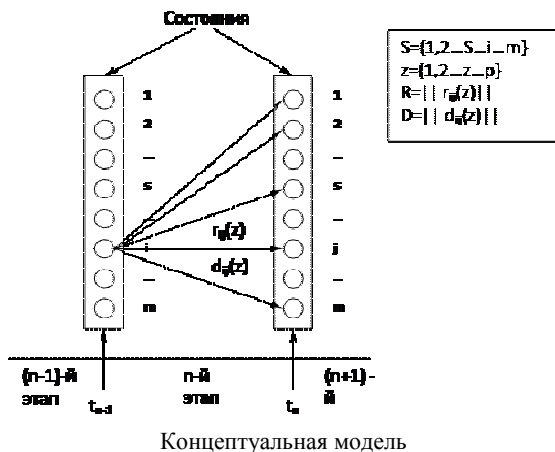
В данной работе будет рассматриваться модифицированная концептуальная схема марковской модели принятия решений. Концептуальная схема принятия решений при использовании марковской модели имеет следующие особенности:

- во-первых, анализируемая система или анализируемый процесс характеризуется дискретным множеством состояний $S1, S2, s, m$;

- функционирование системы представляет собой логическую последовательность этапов $n-1, n, n+1 \dots N$ этап, где n -малое – текущий номер этапа;

- в момент времени t_{n-1} система находится в одном из состояний S_i ;
- управляющему алгоритму предоставлено право выбора одной из общих стратегий Z . И каждая из этих стратегий соответствует матрицам переходных вероятностей R_{ij} , где элементы матрицы задают вероятность перехода из состояния i , в котором находилась система в момент времени $tn-1$ в состояние j в следующий момент времени. Из состояния i можно перейти в нужное состояние.

- для каждой общей стратегии определена матрица выигрышей D . Элементы этой матрицы характеризуют локальные критерии оценки принятых решений. Элементы матрицы стоимостей d_{ij} фиксируют критерии эффективности, которые формируются при переходе системы из состояния i в состояние j . Необходимо для каждого из моментов принятия решений выбрать такую последовательность общих стратегий Z^* , которая будет обеспечивать максимальный суммарный выигрыш от функционирования системы за N этапов. Каждое решение должно иметь свою стоимость [2].



Если число общей стратегии равно p , а число состояний m , то количество стационарных стратегий определяется как p^m .

Множество стационарных стратегий $U = (1, 2, \dots, u, \dots, p^m)$ формируется следующим образом:

1. необходимо определить общую стратегию $U1$. Таким образом $U=(1,1,1,1)$. То есть из m состояний стационарная стратегия $U1$ состоит в том, что система переводится в состояние 1.

2. если система находилась в состоянии 2, можно применить общую стратегию $U2$, то есть переход во второе состояние;

3. если система была в состоянии i , применяется общая стратегия U_i .

Алгоритм конструирования этих матриц для произвольной стационарной стратегии заключается в следующем:

Первая строка матрицы переходов $R[U=(u_1 \dots u_i \dots u_m)]$ соответствует первой строке матрицы принятия решений $R(z=u1)$, то есть матрица переходных вероятностей задает вероятности перехода из всех возможных состояний в момент времени $tn-1$ в первое состояние.

Матрица стоимостных показателей $D[U=(u_1 \dots u_i \dots u_m)]$ соответствует первой строке матрицы принятия решения $D(z=u1)$, то есть матрица определяет все возможные критерии выигрышей при переходе системы из состояния i -го в 1-ое состояние.

Вторые строки матрицы переходов $R[U=(u_1 \dots u_i \dots u_m)]$ соответствуют вторым строкам матрицы принятия решений $R(z=u2)$ и, соответственно, выигрыши $D[U=(u_1 \dots u_i \dots u_m)]$ – вторым строкам матрицей выигрышей $D(z=u2)$ [1].

Для i -й строки матрица переходов будет выглядеть как $R(z=ui)$ и соответственно матрица стоимостей $D(z=ui)$ для перехода из любого в любое состояние.

Можно сделать вывод, что в качестве способа решения марковских задач принятия решений в данной работе можно рассматривать метод линейного программирования. За конечное число шагов модель линейного программирования позволяет найти решения задачи, не используя сложных и приближенных математических методов. Решением задачи является вектор решений, который обеспечивает оптимальное решение выбранного критерия.

Литература

1. Черноморов, Г. А. Теория принятия решений: учебное пособие / Г. А. Черноморов. – Новочеркасск: Южно-Российский государственный технический университет, 2002. – 276 с.
2. Хемди, А. Таха. Введение в исследование операций / Хемди А. Таха. – М.: Вильямс, 2001. – 912 с.
3. Советов, Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2003. – 295 с.

Степанова Е. В.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Аннотация. В статье представлена математическая модель построения оптимального расписания учебных занятий. Рассмотрен пример, моделирующий работу генетического алгоритма.

Ключевые слова: эволюционная модель, оптимальное решение, генетический алгоритм.

Современные технические средства позволяют организовывать и планировать учебный процесс с использованием моделей, методов и алгоритмов искусственного интеллекта [1]. В последние годы особое распространение получили исследования методов эволюционного поиска.

На эволюционную модель учебного расписания, как правило, может быть наложено множество требований и ограничений. Обязательными ограничениями являются: отсутствие накладок различного характера во время учебного процесса, отсутствие учебных окон, соответствие вида проводимого занятия типу аудитории проведения, ограничение на объем ежедневно-проводимых занятий, обязательное проведение всех занятий по учебному плану. Желательные требования: соблюдение комфортных условий обучения; рекомендации преподавателей; равномерность нагрузки студентов в течение учебного времени.

Исходя из рассмотренных требований, строится целевая функция на основе минимизации штрафных показателей. Любое нарушение ограничения или требования увеличивает значение целевой функции в соответствии с коэффициентом значимости требования. Таким образом, целевая функция в общем виде описывается следующей формулой:

$$F = \sum_{i=1 \dots N_{\text{кол-во ограничений}}} (og_i \cdot k_{\text{ог}}) + K,$$

где K – значение критерия потери качества.

Критерий качества основывается на желательных (неосновных) требованиях и имеет следующий вид:

$$K = \varphi(\alpha, t, \rho) = \sum c_i \omega_i(\alpha, t, \rho),$$

где ω_i – оценка невыполнения i -го требования.

Далее производится реализация эволюционного поиска оптимального расписания с использованием генетического алгоритма.

Генетические методы, основанные на поиске лучших решений с помощью наследования и усиления полезных свойств множества объектов определенного приложения в процессе имитации их эволюции, являются важнейшим частным случаем эволюционных методов [2].

Как принято, составление учебного расписания начинается с расстановки в сетке расписания так называемых «узких» мест. Например, зачастую существует нехватка больших потоковых аудиторий или компьютерных классов. Используя расставленные занятия как «скелет», уже достаточно быстро можно «достроить» расписание. Воспроизведем, в некотором смысле, этот процесс.

Часть занятий уже определена в расписании, оставшиеся занятия последовательно пронумеруем. Массив номеров занятий будем считать геномом (здесь важен лишь порядок занятий). Для построения расписания будем последовательно извлекать номера занятий и ставить выбранное занятие в расписание, учитывая необходимые требования и максимизируя целевую функцию для студентов, преподавателей и аудиторий (у них тоже бывают критерии занятости).

Если необходимым требованиям не удастся удовлетворить, то особь с таким геномом может быть отброшена как нежизнеспособная. Если расписание составить не получается, то можно заменить необходимые требования штрафом в целевой функции.

Скрещивание можно организовать несколькими способами. Приведем пример одного из них. Пусть имеем следующие гены:

3125647

2357146.

Здесь видно, что занятие 3 встречается в обоих генах до позиции 2 включительно, а, например, с позиции 2 до позиции 5 – интервал для 1 занятия и т. д. Тогда это можно представить следующим образом:

```

_****_ для 1 занятия;
***_  для 2 занятия;
**_   для 3 занятия;
_ *   для 4 занятия;
_ **_ для 5 занятия;
_ *** для 6 занятия;
_ **** для 7 занятия.
```

Звездочками обозначены возможные позиции для номеров занятий потомка. В качестве потомков родителей можно выбрать несколько возможных решений. Решение для выбора генов потомка всегда есть, например, оба родителя сами ему удовлетворяют. Приведем множество возможных позиций:

- 1 позиция (2;3);
- 2 позиция (1,2;3);
- 3 позиция (1,2;5);
- 4 позиция (1,5;7);
- 5 позиция (1,6;7);
- 6 позиция (4,6;7);
- 7 позиция (6;7).

Для построения решений можно использовать следующий алгоритм. Сначала будем ставить те номера занятий, которые реже встречаются. Если их отсортировать по возрастанию, то будем иметь: 1 раз 4; 2 раза 3, 5; 3 раза 2, 6; 4 раза 1, 7.

Следовательно, сначала ставим 4 занятие на 6 позицию, затем 3 или 5 на позиции (1, 2) или (3, 4) соответственно, в качестве стандартного метода селекции можно использовать рулетку. В результате можно получить, например, следующие шаги для алгоритма скрещивания:

```
*****4*;
3*****4*;
3**5*4*;
3**5*46;
3*25*46;
3*25746;
3125746.
```

Поскольку можно и не построить правильную последовательность, то лучше алгоритм организовать в виде простой рекурсии для возможности повторения алгоритма, т. е. организации некоторого перебора. Данный простейший пример демонстрирует принцип работы генетического алгоритма.

Литература

1. Астахова, И. Ф. Разработка информационной системы построения расписания / И. Ф. Астахова, Т. В. Курченкова. – М.: Прогресс-Традиция, 2013. – С. 287-290.
2. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

Харисова А. Ф.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПОТЕРЯМИ

Аннотация. В данной работе рассмотрено понятие системы массового обслуживания с потерями на примере гостиничной индустрии.

Ключевые слова: системы массового обслуживания, поток, заявка, загрузка, потеря.

Во многих областях практической деятельности человека мы сталкиваемся с необходимостью пребывания в состоянии ожидания. Подобные ситуации возникают в очередях в билетных кассах, в крупных аэропортах и т. д. Во всех перечисленных случаях имеем дело с массовостью и обслуживанием. Изучением таких ситуаций занимается теория массового обслуживания.

Системы массового обслуживания (СМО) – это такие системы, которые обслуживают массовый поток требований, при этом поток требований является случайной величиной. [1].

Для модели СМО характерно, что все явления описываются с помощью событий, которые появляются в тот или иной момент времени (на временной оси). [2].

Основными элементами СМО являются: входящий поток требований, очередь требований, обслуживающие устройства, (каналы) и выходящий поток требований.

СМО с потерями – это такие СМО, в которых система отвечает отказом требованию, которое поступило в такой момент, когда все обслуживающие аппараты заняты, таким образом, полностью отсутствуют условия для образования очереди. [2].

Рассмотрим СМО на примере гостиничной индустрии. Планируя заселиться в гостиницу, гость может столкнуться с ситуацией, когда выбранный им номер на нужный ему период времени занят, или же вообще нет свободных мест. Клиенту придется ждать некоторое время или вовсе отказаться от обслуживания. Вероятность подобных ситуаций предвидеть наверняка невозможно, поэтому можно с достоверностью заявить, что организационная система отеля носит вероятностный характер. Это означает, что выходы системы зависят от входов случайным образом.

Рассматривая входной поток требований (поступающие заявки на обслуживание), необходимо отметить их характеристики. Все заявки, как одиночные, так и коллективные (одновременное размещение группы гостей в нескольких номерах), поступают в систему последовательно, по одной. Это свойство входящего потока называется ординарностью.

Среднее число заявок, взятое, скажем, за неделю, остается одинаковым, однако это не означает, что в каждую среду стоит ожидать фиксированное число бронирований. Это свидетельствует о стационарности входного потока.

И наконец, количество поступивших заявок в прошлом никак не влияет на количество требований в настоящем и будущем. Это показывает отсутствие памяти входного потока требований, называемое последствием.

Методы теории массового обслуживания работают тогда, когда выполняются все три выше отмеченные свойства входного потока клиентов. Поток, обладающий этими свойствами, называется простейшим или пуассоновским [3]. Именно таким и является поток заявок на обслуживание в отеле.

Итак, отель представляет собой СМО. В случайные моменты времени в нее поступают заявки на обслуживание, при этом поступившие заявки обслуживаются с помощью имеющихся в распоряжении системы каналов обслуживания. При этом поступающие требования могут появляться в системе и обслуживаться индивидуально (одиночные заявки) или группами (коллективные заявки). Таким образом, отель представляет собой систему с параллельно-групповым обслуживанием.

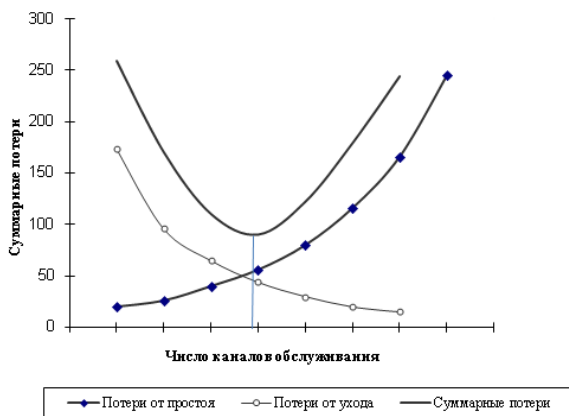
Рассматривая порядок обслуживания, отель можно характеризовать как систему с отказами или потерями, поскольку в случае отсутствия свободных номеров на нужный клиенту промежуток времени ни одному из сотрудников гостиницы и в голову не придет предложить подождать пару дней до освобождения номера.

Математический аппарат теории массового обслуживания на основе построенных математических моделей позволяет увязать показатели работы СМО с показателями экономической эффективности деятельности исследуемых систем. В процессе работы с СМО просчитывается риск возникновения очередей заявок, что в сфере гостиничной индустрии зачастую равнозначно потере клиента, а также периоды простоя ресурсов (номерного фонда, ресторана) и оборудования и связанные с этим размеры убытков (заработная плата сотрудникам и т. д.).

Основные характеристики многоканальной СМО состоят в определении числа каналов обслуживания (s), числа мест в очереди (n), интен-

сивности потока заявок (I), интенсивности обслуживания заявки (μ), интенсивности нагрузки ($\gamma = 4$).

Стоимостные модели массового обслуживания направлены на определение такого уровня функционирования обслуживающей системы (который идентифицируется заданием либо интенсивности обслуживания μ , либо числа обслуживающих каналов s), при котором достигается компромисс между двумя экономическими показателями: прибылью, получаемой за счет предоставления услуг, и потерями прибыли, обусловленными задержками или отказами в предоставлении услуг.



Потери в деятельности гостиницы

На рисунке анализируемые показатели изображены графически как функции уровня обслуживания. Оптимальный уровень обслуживания достигается там, где скорость изменения функций уровня обслуживания (первые производные функций) совпадают. Необходимо учесть, что оба стоимостных

показателя отнесены к одной и той же единице времени, поскольку в противном случае модель оказалась бы «некорректной», с позиции сохранения размерности показателей.

Таким образом, анализ СМО позволяет оптимизировать работу системы и эффективно регулировать обслуживание поступаемых заявок.

Литература

1. Авсиевич, А. В. Теория массового обслуживания. Потоки требований, системы массового обслуживания / А. В. Авсиевич, Е. Н. Авсиевич. — Самара: СамГАПС, 2012. — 24 с.
2. Матвеев, В. Ф. Системы массового обслуживания: учебник для вузов [Текст] / В. Ф. Матвеев, В. Г. Ушаков. — М.: Изд-во МГУ, 2013. — 242 с
3. Зайцев, М. Г. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы: учебное пособие / М. Г. Зайцев, С. Е. Варюхин, — 2-е изд., испр. — М.: Издательство «Дело» АНХ, 2013. — 664 с.

Шестаков И. А., Соколов Д. С.

Научный руководитель: Доренская Н. В., преподаватель
Йошкар-Олинский аграрный колледж ФГБОУ ВО «ПГТУ»

МАЛЫЕ ФОРМЫ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В АПК: ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

***Аннотация.** Функционирование агропродовольственного рынка затрудняется проблемами, возникающими на всех стадиях цепочки товародвижения от производителей к потребителям. На стадии производства – это высокий удельный вес продукции, производимой малыми формами хозяйствования (МФХ), которые испытывают недостаток мощностей хранения и трудности сбыта продукции. Потери составляют до 40% в процессе хранения, транспортировки и переработки. В статье представлены современные пути решения этих проблем.*

***Ключевые слова:** малые формы хозяйствования, сельскохозяйственные потребительские кооперативы, оптово-распределительные центры, агропром-парк.*

Целью данной работы является анализ современного состояния производства сельхозпродукции малыми формами хозяйствования в республике Марий Эл, выявление причин, ограничивающих доступ на рынок их продукции, представление путей решения обозначенного вопроса.

В решении продовольственной проблемы существенную роль играют малые формы хозяйствования в АПК. К данной категории относят хозяйства населения, индивидуальных предпринимателей, сельскохозяйственные потребительские кооперативы, крестьянские (фермерские) хозяйства.

Статистические данные [4] свидетельствуют, что в 2016 году в РМЭ МФХ произведено продукции на сумму 19,3 млрд. руб., что составляет 43,4% всей сельхозпродукции республики. При этом с 2000 года данный показатель менялся незначительно.

Структура производства сельхозпродукции РМЭ такова, что в МФХ производится картофеля, овощей и шерсти – свыше 90%, молока – около 50% от совокупного объема производства [1]. Однако по структуре товарная часть в хозяйствах населения составляет лишь 17%, а в К(Ф)Х – 60%.

Обеспечивая производство более половины всей отечественной сельхозпродукции, МФХ РМЭ испытывают ряд серьезных системных проблем:

- нехватка собственных и труднодоступность заемных средств;
- слабая оснащенность современным оборудованием и мощностями по хранению и переработке произведенной продукции;
- высокие цены на материально-технические ресурсы;
- отсутствие налаженной логистики;
- трудности с реализацией продукции.

Производство сельхозпродукции в МФХ носит мелкотоварный характер. Крупные переработчики отказываются работать с мелкотоварными сельхозпроизводителями. Приобретение сырья в небольших объемах и в отдаленных районах для них невыгодно: процесс сбора продукции длительный, качество отследить сложно, транспортные расходы высокие, стабильность поставок не гарантирована. Все эти факторы ограничивают доступ мелких и средних производителей к рынкам сбыта, что обуславливает завышенную цену продуктов питания.

Данные проблемы сдерживают дальнейшее развитие МФХ. Одним из способов решения обозначенных проблем является *повсеместное ускоренное развитие и активизация сельхозпотребительской кооперации*.

Основными выгодами членства в сельхозпотребительских кооперативах являются: повышение доступности финансовых ресурсов для МФХ, равноправное участие в управлении, справедливое распределение результатов, повышение эффективности производства за счет эффекта масштаба.

В РМЭ зарегистрировано 36 сельхозпотребительских кооперативов. Из 23 реально действующих кооперативов 13 – кредитных, 3 – перерабатывающих, 6 – снабженческо-сбытовых. Они не в состоянии решить проблемы мелкотоварных производителей.

Развитию МФХ могут способствовать *оптово-распределительные центры (ОРЦ)*, что позволит консолидировать малые партии продукции, предоставит производителям доступ к объектам первичной переработки, обеспечит необходимые мощности по хранению и переработке. ОРЦ закупкой продовольствия заниматься не будут, а будут предоставлять свои услуги участникам рынка. Вся продукция будет проходить в обязательном порядке контроль качества, ветеринарный и фитосанитарный контроль, упаковку. На территории ОРЦ будут предоставляться логистические услуги, электронная торговля. Все это позволит сокра-

тить наценку посредников, что уменьшит цену продукции за счет снижения надбавки оптового звена.

При очевидной необходимости строительства ОРЦ существуют опасения, что в ОРЦ закупки продукции МФХ будут осуществляться по демпинговым ценам, услуги по хранению и подработке будут дорого стоить, и непонятно, кто будет отвечать за продукцию, сформированную от различных производителей.

Одним из путей эффективного продвижения сельхозпродукции от производителя к потребителю служит *создание агропромпарков*, суть которых заключается в формировании на конкретной площади комплекса производственных структур и помещений для хранения, переработки и реализации сельхозпродукции. Примером служит ОАО «Агропромышленный парк «Казань» – современный многофункциональный комплекс, который сотрудничает с различными товаропроизводителями, занимающимися животноводством, выращиванием овощей и фруктов. Контроль качества осуществляет действующая при комплексе лаборатория ветеринарно-санитарной экспертизы. Исключение посредников-перекупщиков между сельхозпроизводителями и прилавком агропромпарка обеспечивает реализацию поставляемой продукции по более низкой цене и высокого качества. На территории РМЭ такие комплексы отсутствуют.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что функционирование малого бизнеса в сельском хозяйстве РМЭ играет значительную роль в аграрной экономике и является потенциалом эффективного производства. Изложенная информация наглядно демонстрирует недостаточность принимаемых мер со стороны государства для стимулирования эффективной деятельности МФХ и необходимость дальнейшего поиска путей их развития как важнейшей государственной задачи.

Литература

1. Сельское хозяйство, охота и лесоводство республики Марий Эл. 2016: статистический сборник. – Йошкар-Ола: Маристат, 2016. – 244 с.
2. Суровцева, Е. Малые формы хозяйствования в АПК: тенденции развития и новации государственной поддержки на 2017-2020 гг. / Е. Суровцева, Т. Грудкина // Экономика сельского хозяйства. – 2017. – № 1. – С. 2-9.
3. Юдин, Е. Развитие оптово-распределительных центров – направление поддержки малых форм хозяйствования на селе / Е. Юдин, Т. Юдина // Экономика сельского хозяйства. – 2016. – № 8. – С. 83-88.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 05.02.2017).

Шувалова А. Б.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрены системы массового обслуживания, которые плотно внедрены на различных предприятиях и организациях, предоставляющих разнообразные услуги населению, а также основные понятия и компоненты СМО.

Ключевые слова: система массового обслуживания, время обслуживания, заявки, очередь, потоки данных, требования, характеристики СМО.

Системы массового обслуживания в настоящее время плотно внедрены на различных предприятиях и организациях, которые предоставляют разнообразные услуги населению. Для того чтобы грамотно оценить организацию обслуживания, а также определить самый эффективный вариант выполнения заявок потребителей, необходимо провести грамотное исследование.

На сегодняшний момент теоретически хорошо разработаны и понятны в практических приложениях математические методы решения задач теории массового обслуживания.

Объектом исследования служат различные виды систем массового обслуживания. Предметом исследования являются вероятностные оценки различных характеристик видов систем массового обслуживания.

Теория массового обслуживания, или по-другому теория очередей, взаимодействует с процессами, для которых существует определенная структура. В систему массового обслуживания, например, линии связи или пункты приема, в случайный промежуток времени поступают заявки или требования. Далее заявки на обслуживание формируют входной поток. Требование выполняется при условии, что есть свободные каналы обслуживания, в случае, если все каналы обслуживания заняты, то требование находится в очереди по определённым правилам или без обслуживания покидает систему. Выходной поток образуют те требования, которые выполнены. На данный момент теоретически хорошо разработаны и удобны в практических приложениях методы решения задач, в которых поток требований простейший и его интенсивность равна λ – среднее число требований, поступающих в единицу времени.

Система массового обслуживания состоит из некоторого числа единиц обслуживания, а точнее каналов обслуживания. Существуют одноканальные СМО и многоканальные СМО.

Дисциплина очереди дает начало порядку прохождения заявки через очередь. Заявки, которые находятся в очереди, могут выполняться в порядке поступления, с приоритетом или в случайном порядке. Очередь может быть конечной или бесконечной. СМО с очередями называют также СМО с ожиданием. Очереди могут ограничиваться по длине, то есть по числу находящихся в ней заявок или по времени ожидания обслуживания. В СМО с отказом в момент, когда заняты все каналы обслуживания, получают отказ.

Время обслуживания требований в системе является случайной величиной и обычно описывается экспоненциальным (показательным) законом распределения, то есть распределение длительности оставшейся части работ по обслуживанию не зависит от того, сколько оно уже продолжалось с интенсивностью μ . Где μ – это среднее число требований, которые выполняются в единицу времени. Это зависит от отсутствия последствий, простоты и удобства аналитических выражений, от того, как устроены многие реальные системы.

Показательное распределение времени обслуживания имеет вид (1):

$$P_t = \mu e^{-\mu t} \quad (t \geq 0). \quad (1)$$

Среднее время обслуживания одним каналом одного требования будет иметь вид (2):

$$t_{\text{обсл}} = \frac{1}{\mu}. \quad (2)$$

Коэффициент загрузки СМО – среднее число каналов, которое должно быть для обслуживания в единицу времени всех поступающих требований, рассчитывается по формуле 3:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (3)$$

В качестве примера взята многолинейная СМО с набором подключаемых резервных устройств обслуживания, интенсивность λ входящего потока в определенные моменты времени претерпевает скачкообразные изменения от λ_i к λ_j с вероятностями $p_{ij} (m_1)^L$, $i, j = 1, 2, \dots, L$. Таким образом, в каждом из интервалов длительности T интенсивность входящего потока требований постоянна и описывается моделью случайной величины, принимающей значения из конечного множества $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_L\}$. Также считается, что $M\mu > \lambda_L$, где μ – это интенсивность обслуживания на одном основном (рабочем) устройстве.

Примером является одноканальная СМО с отказами, она представляет собой один пост ежедневного обслуживания для мойки автомобилей. Заявка – это автомобиль, прибывший в момент, когда пост занят, получает отказ в обслуживании. Интенсивность потока автомобилей равна $\lambda = 1$, автомобиль в час. Средняя продолжительность обслуживания равна 1,8 часа, поток автомобилей и поток обслуживания являются простейшими. Требуется определить относительную пропускную способность q , абсолютную пропускную способность A и вероятность отказа $P_{\text{отк}}$. Также необходимо сравнить фактическую пропускную способность СМО с номинальной, которая была бы, если бы каждый автомобиль обслуживался точно 1,8 часа и автомобили следовали один за другими без перерыва.

Интенсивность потока обслуживания и относительная пропускная способность равны:

$$\mu = \frac{1}{\text{тоб}} = \frac{1}{1,8} = 0,555,$$

$$q = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{0,555}{1 + 0,555} = 0,356.$$

Величина q означает, что в установившемся режиме система будет обслуживать примерно 35% прибывающих на пост ежедневного обслуживания автомобилей. Абсолютная пропускная способность:

$$A = \lambda \cdot q = 1 \cdot 0,356 = 0,356.$$

Это означает, что система ежедневного обслуживания способна осуществить в среднем 0,356 обслуживания автомобилей в час. Вероятность отказа равна:

$$P_{\text{отк}} = 1 - q = 1 - 0,356 = 0,644.$$

Это означает, что около 65% прибывших автомобилей на пост ежедневного обслуживания получают отказ в обслуживании. Номинальная пропускная способность будет равна (автомобилей в час):

$$A_{\text{ном}} = \frac{1}{\text{тобсл}} = \frac{1}{0,8} = 0,555.$$

Оказывается, что $A_{\text{ном}}$ в 1,5 раза больше, чем фактическая пропускная способность, вычисленная с учетом случайного характера потока заявок и времени обслуживания.

Литература

1. Кошуняева, Н. В. Теория массового обслуживания / Н. В. Кошуняева, Н. Н. Патронова. – Архангельск: САФУ им. М. В. Ломоносова. – 2015. – 107 с.

Ядыкова Е. Н.

Научный руководитель: Уразаева Т. А., канд. экон. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА С НЕПРЕРЫВНЫМ ВРЕМЕНЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА РЫНОЧНЫХ ЦЕН АКЦИЙ

***Аннотация.** В статье рассматривается применение цепей Маркова с непрерывным временем для построения прогноза рыночной цены акции на долгосрочное время.*

***Ключевые слова:** цепь Маркова с непрерывным временем, финальная вероятность.*

Цепь Маркова – последовательность случайных событий с конечным или счётным числом исходов, характеризующаяся тем свойством, что, говоря нестрого, при фиксированном настоящем будущее не зависит от прошлого.

Довольно часто встречаются случайные процессы с непрерывным временем, при котором система может менять свои состояния в любой момент времени.

Пусть в системе с S дискретными состояниями $S_1, S_2, \dots, S_n$ протекает Марковский процесс с непрерывным временем. Предположим, что все потоки событий, под воздействием которых происходят эти переходы – простейшие и интенсивности λ_{ij} простейших потоков, порождающих переходы системы S из состояния S_i , в состояние S_j постоянны. Пусть $P_i(t)$ вероятности состояний S_i системы S в момент времени t . Пределы $P_i = \lim_{t \rightarrow \infty} P_i(t)$ являются финальными вероятностями состояний. Если число состояний системы S конечно, система S является эргодической, и все потоки событий, порождающие переходы системы S из состояния в состояние, – простейшие, то существуют финальные вероятности состояний, причем для финальных вероятностей выполняется условие $\sum_{i=1}^n P_i = 1$. Для вычисления финальных вероятностей P_i нужно сначала найти вероятности состояний $P_i(t)$ из системы дифференциальных уравнений Колмогорова, а затем вычислять пределы. Легко по-

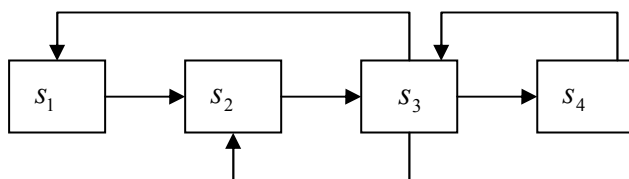
лучить однородную систему алгебраических линейных уравнений относительно P_i :

$$-\left(\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}\right)P_i + \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}P_j = 0, i=1, \dots, n, \text{ где } \lambda_{ij} = 0.$$

Рассмотрим применение цепей Маркова с непрерывным временем для долгосрочного прогноза рыночной цены акции. Данные, полученные при исследовании рынка ценных бумаг, показали, что рыночная цена одной акции акционерного общества открытого типа может колебаться от 1 руб. до 10 руб. включительно. Рассматривая в качестве системы S одну акцию этого общества, будем интересоваться следующими четырьмя состояниями этой системы, характеризующимися рыночной ценой акции: s_1 – от 1 руб. до 4 руб.; s_2 – от 4 руб. до 7 руб.; s_3 – от 7 руб. до 9 руб.; s_4 – от 9 руб. до 10 руб. включительно. Рыночная цена акции в будущем зависит от ее цены в текущий момент времени, при этом в силу случайных воздействий рынка изменение рыночной цены акции может произойти в любой случайный момент времени. Переходы системы происходят со следующими плотностями вероятностей переходов:

$$P = \begin{pmatrix} -4 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & -10 & 10 & 0 \\ 3 & 2 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 4 & -4 \end{pmatrix}.$$

Размеченный граф состояний системы S будет выглядеть следующим образом:



Размеченный граф состояний

Система S эргодична, из любого своего состояния она может перейти в любое другое свое состояние. Составим систему линейных алгебраических уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\begin{cases} -4p_1 + 3p_3 = 0 \\ 4p_1 - 10p_2 + 2p_3 = 0 \\ 10p_2 - 6p_3 + 4p_4 = 0 \\ p_3 - 4p_4 = 0 \\ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1 \end{cases}$$

Общее решение системы имеет вид $p_1 = 0,3$, $p_2 = 0,2$, $p_3 = 0,4$, $p_4 = 0,1$.

Таким образом, долгосрочный прогноз рыночной цены акции состоит в том, что по истечении достаточного времени вероятнее всего цена акции будет колебаться в пределах от 7 до 9 руб.

Цепи Маркова с непрерывным временем позволяют находить распределение состояний системы на различных шагах процесса. А это открывает возможность с помощью методов теории вероятностей находить различные вероятностные характеристики, используемые в качестве показателей эффективности.

Литература

1. Валландер, С. С. Некоторые свойства времен пребывания и переходов для счетных цепей Маркова / С. С. Валландер // Тезисы докладов Четвертой Международной Вильнюсской конференции по теории вероятностей и математической статистике. Т. 1. – Вильнюс, 1985. – С. 116-118.
2. Лабскер, Л. Г. Вероятностное моделирование в финансово-экономической области / Л. Г. Лабскер. – М.: Альпина Паблишер, 2002. – 224 с.
3. Черноморов, Г. А. Теория принятия решений: учебное пособие / Г. А. Черноморов. – Новочеркасск: Электромеханика, 2002. – 276 с.

УДК 519.86

Васильев Н. И.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА О МНОГОПОЛЮСНОМ МАКСИМАЛЬНОМ ПОТОКЕ

***Аннотация.** Рассматривается задача о многополюсном максимальном потоке, а также две разновидности этой задачи. Представлено решение одного из случаев задачи анализа сети в виде схем, дерева потоков узлов и матрицы конечных результатов.*

***Ключевые слова:** поток, сеть, этап, узел, расстояние.*

В целом ряде экономических и технических приложений возникают задачи, в которых необходимо определить максимальный поток между любыми выбранными парами узлов в сети.

Основные примеры применения задачи о многополюсном максимальном потоке:

- сеть автомобильных дорог;
- телефонная или информационная сеть;
- электрические или электроэнергетические сети.

Число автомобилей и количество дорог неуклонно растёт, телефонные сети расширяются, на смену механическим приборам приходят электрические, а старые устройства совершенствуются, что говорит о практической пользе задачи о многополюсном потоке.

Типы задач о многополюсном потоке:

1. задачи анализа сети. Задана сеть с ограниченными пропускными способностями дуг. Следует определить максимальный поток между всеми парами узлов сети.
2. задача синтеза сети. Требуется построить сеть, в которой величины максимальных потоков между всеми парами узлов удовлетворяют заданным ограничениям и общая пропускная способность максимальна.

Рассмотрим одну из задач первого типа на примере. Дана сеть с заданными между узлами пропускной способностью, необходимо определить максимальный поток между каждыми узлами и построить дерево потоков.

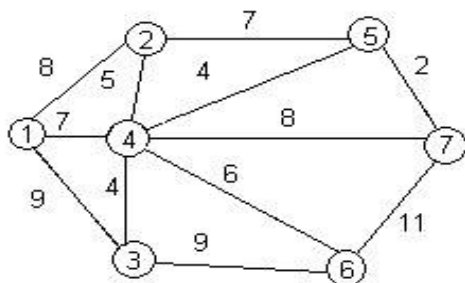


Рис 1. Начальные условия задачи

Решение поставленной задачи происходит с помощью повторения одного этапа, а именно объединение какого-то числа узлов в один конденсированный узел и отделением от него одного из узлов и расчёта максимального потока.

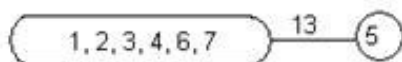


Рис. 2. Этап объединения и извлечения одного узла

Далее, чтобы отделить ещё один узел, нужно пересчитать максимальный поток, уже отделяя новый конкретный узел, посмотрим, как это выглядит на отделении узла 7.

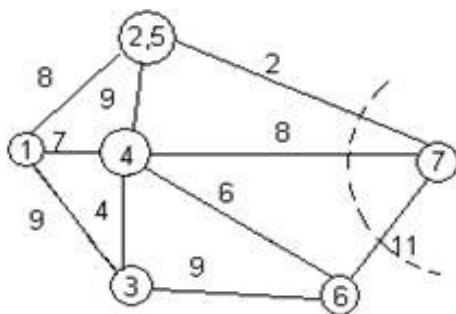


Рис. 3. Этап пересчёта и отделения узла 7

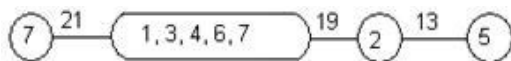


Рис. 4. Конечный результат отделения узла 7

Далее, повторяя данные этапы несколько раз, получим дерево максимальных потоков, которое выглядит следующим образом.

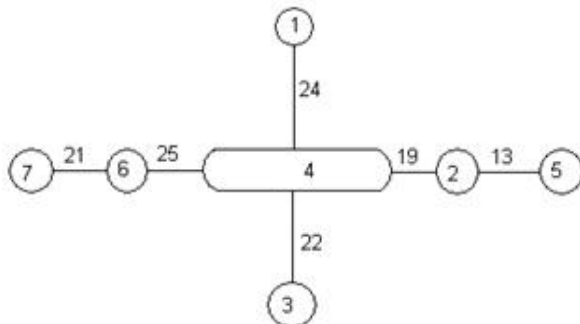


Рис. 5. Конечное дерево максимальных потоков

Также конечный результат может быть представлен в виде таблицы или же матрицы. В следующей таблице приведены величины максимальных потоков между узлами сети.

Узел	1	2	3	4	5	6	7
1	∞	19	22	24	13	24	21
2	19	∞	19	19	13	19	19
3	22	19	∞	22	13	22	21
4	24	19	22	∞	13	25	21
5	13	13	13	13	∞	13	13
6	24	19	22	25	13	∞	21
7	21	19	21	21	13	21	∞

Литература

1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
2. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсия-Диас. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Дьякова А. Д.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ СКЛАДИРОВАНИЯ

Аннотация. Рассматривается динамическая модель задачи складирования, указаны три возможных варианта решения.

Ключевые слова: оптимальная стратегия, запасы, оптимизация, стратегия.

Управление запасами состоит в воздействии на соотношение между двумя основными факторами – пополнением и расходом. Цель управления – оптимизация некоторого критерия, зависящего от расходов на хранение запасов, затрат, связанных с пополнением, штрафов.

Емкость склада по хранению запасов ограничена некоторой величиной c . В каждом из промежутков времени запасы могут пополняться с затратами a_k на единицу продукции и расходоваться с получением дохода β_k за единицу продукции, причем решение о пополнении или расходовании запасов принимается однократно в каждом промежутке времени. Определить оптимальную стратегию в управлении запасами из условия максимизации суммарной прибыли при заданном начальном уровне запасов.

В качестве параметров состояния ε_{k-1} примем запас товаров в начале k -го шага. Переменными управления служат размеры пополнения (x_k) и расхода (y_k) запасов на k -м шаге. Тогда уравнение состояния, выражающее материальный баланс запасов, запишется в виде

$$\varepsilon_k = \varepsilon_{k-1} + x_k - y_k. \quad (1)$$

Решаем задачу, используя рекуррентные соотношения в виде

$$Z_n^*(\varepsilon_{n-1}) = \max_{x_n, y_n} \{\beta_n y_n - a_n x_n\}, \quad (2)$$

$$Z_k^*(\varepsilon_{k-1}) = \max_{x_k, y_k} \{\beta_k y_k - a_k x_k + Z_{k+1}^*(\varepsilon_k)\} \quad (3)$$

Переменные задачи удовлетворяют условиям неотрицательности

$$x_k \geq 0, y_k \geq 0. \quad (4)$$

и дополнительным ограничениям для всех k , зависящих от варианта постановки задачи:

$$1 \text{ вариант: } \varepsilon_{k-1} + x_k \leq c, y_k \leq \varepsilon_{k-1} + x_k. \quad (5)$$

$$2 \text{ вариант: } \varepsilon_{k-1} - y_k + x_k \leq c, y_k \leq \varepsilon_{k-1}. \quad (6)$$

3 вариант: или (5), или (6).

Первые неравенства в (5) и (6) диктуются ограниченной емкостью склада, вторые – условием, согласно которому расход не может превышать наличные запасы. Вариант 3 предполагает, что если будет принято решение сначала пополнить запасы, а затем их расходовать, то должны выполняться условия (5); в противном случае, должны выполняться условия (6). Рассмотрим решение в 1 варианте постановки. Ограничения (4) и (5) есть область допустимых значений x_k и y_k в виде выпуклого четырехугольника $ABCD$. Оптимальное решение достигается хотя бы в одной из вершин области. Находим координаты всех четырех вершин:

$$A(0;0), B(0, \varepsilon_{k-1}), C(c - \varepsilon_{k-1}, c), D(c - \varepsilon_{k-1}, 0)$$

Для n -го шага ограничимся выбором из двух альтернатив, тогда:

$$Z_n^*(\varepsilon_{n-1}) = \max \left\{ \begin{array}{l} \beta_n \varepsilon_{n-1} \\ (\beta_n - a_n)c + a_n \varepsilon_{n-1} \end{array} \right\} \quad (7)$$

Для выполнения оптимизации на последующих шагах предварительно найдем из уравнения (1) значение ε_k для каждой точки. Тогда получим: $\varepsilon_k = \varepsilon_{k-1}$ в точке A ; $\varepsilon_k = 0$ в точке B ; $\varepsilon_k = 0$ в точке C ; $\varepsilon_k = c$ в точке D . В случае 2 варианта исходной постановки задачи получим область, в которой изменятся координаты вершины C ; находим $x_k = c, y_k = \varepsilon_{k-1}$. Наконец, при 3 варианте постановки задачи на каждом шаге должны выбрать наибольшее число, найденное в 1 варианте, и сравнить его с наибольшим числом, найденным во 2 варианте. Сопоставив полученные таким образом два значения $Z_k^*(\varepsilon_{k-1})$, выбираем из них наибольшее. Это и есть окончательное выражение для $Z_k^*(\varepsilon_{k-1})$. Одновременно, в зависимости от того, к какому из вариантов относится найденный максимум, устанавливается выгодная на данном шаге очередность пополнения и расхода запасов. Теперь определим оптимальную стратегию в управлении запасами, включая оптимальную очередность пополнения и расходования запасов при $n = 5, c = 50, a_k$ и β_k заданы таблично:

k	1	2	3	4	5
a_k	5	16	12	15	18
β_k	15	10	8	15	22

Используем 3 вариант постановки. На каждом шаге достаточно вычислять значения $Z_k^*(\varepsilon_{k-1})$ только для 2-х значений ε_{k-1} .

Для $n = 5$ имеем, согласно соотношению (7):

$$Z_5^*(\varepsilon_4) = \max \left\{ \begin{array}{l} \beta_5 \varepsilon_4 \\ (\beta_5 - a_5)c + a_5 \varepsilon_4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{(B)} \\ \text{(C)} \end{array}$$

В точке С наибольшее значение: $Z_5^*(\varepsilon_4) = 18\varepsilon_4 + 200$.

Для $k = 4$ получаем $Z_4^*(\varepsilon_3) = 15\varepsilon_3 + 350$, при $k = 3$ имеем $Z_3^*(\varepsilon_2) = 12\varepsilon_2 + 500$.

Аналогично, получаем расчеты по условной оптимизации:

Таблица 2

k	ε	Вычисление					$Z_k^*(\varepsilon_{k-1})$	$x_k^*(\varepsilon_{k-1})$	$y_k^*(\varepsilon_{k-1})$	Вариант
		A	B	C ₁	D	C ₂				
3	0	350	350	150	500	500	500	50	0	1,2
	50	1100	750	750	1100	900	1100	0	0	1
2	0	500	500	200	300	300	500	0	0	1
	50	1100	1000	1000	1100	800	1100	0	0	1
1	0	500	500	1000	850	850	1000	50	50	1

В безусловной оптимизации из 1-го шага получаем $Z_{max} = 1000$ при $x_1^* = 50$, $y_1^* = 50$, для 1 варианта очередности. Тогда, $\varepsilon_1^* = 50$, откуда $x_1^* = y_1^* = 0$. Соответственно, из результатов оптимизации 4-го шага имеем $x_4^* = y_4^* = 0$ для 1 варианта. Наконец, на 5-м шаге получаем $x_5^* = y_5^* = 50$.

Рассмотренные выше задачи являются задачами складирования, их особенность – наличие двумерной модели.

Литература

1. Калихман, И. Л. Динамическое программирование в примерах и задачах: учеб. пособие / И. Л. Калихман, М. А. Войтенко. – М.: Высш. школа, 1979. – 125 с.
2. Аникин, Б. А. Логистика: учебник для вузов / под ред. Б. А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 170 с.
3. Неруш, Ю. М. Практикум по логистике: учебное пособие / Ю. М. Неруш, А. Ю. Неруш. – М.: ТК Велби, Проспект, 2008. – 304 с.

Етрукова Д. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА О НАЗНАЧЕНИЯХ

Аннотация. Рассматривается задача размещения датчиков у объектов таким образом, чтобы стоимость такого размещения была минимальна.

Ключевые слова: назначения, матрица стоимости.

В практических приложениях достаточно часто необходимо так распределить рабочих по местам, чтобы время разработки изделия было минимальным; датчики по объектам, чтобы информация о работе объектов была максимальной и т. д. Особенность этой задачи заключается в том, что каждый ресурс используется ровно один раз и каждому объекту будет приписан ровно один ресурс.

Решение задачи может быть записано в виде двумерного массива X . Искомая переменная $x_{ij} = 1$, если i -й ресурс назначается на j -й объект, $x_{ij} = 0$ в противном случае. Критерий эффективности задачи включает в себя элементы матрицы стоимостей c_{ij} – затраты, связанные с назначением i -го ресурса на j -й объект. Допустимое решение задачи называют назначением. Допустимое решение строят путем выбора ровно одного элемента в каждой строке матрицы X и ровно одного элемента в каждом столбце этой матрицы.

В задаче о назначениях требуется минимизировать общую стоимость назначений, т. е. необходимо минимизировать функцию

$$f(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

при ограничениях: а) каждый ресурс используется ровно один раз –

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \text{ для всех } i;$$

б) каждому объекту будет приписан ровно один ресурс –

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \text{ для всех } j.$$

Рассмотрим задачу размещения 4 датчиков у 4 объектов таким образом, чтобы стоимость такого размещения была минимальна. Матрица стоимости назначений имеет вид

$$c = \|c_{ij}\| = \begin{pmatrix} 3 & 11 & 10 & 8 \\ 10 & 5 & 13 & 9 \\ 14 & 13 & 15 & 12 \\ 5 & 10 & 14 & 20 \end{pmatrix}.$$

Шаг 1 – редукция (уменьшение) строк и столбцов. Данный шаг предназначен для получения в матрице стоимости назначений возможно большего числа нулевых элементов. Для этого в каждой строке из всех элементов вычитают минимальный элемент. Затем в каждом столбце вычитают минимальные элементы соответствующего столбца – 0, 0, 3, 0 соответственно. Получили соответственно матрицы:

$$\|c_{ij}\| = \begin{pmatrix} 0 & 8 & 7 & 5 \\ 5 & 0 & 8 & 4 \\ 2 & 1 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & 9 & 15 \end{pmatrix}, \quad \|c_{ij}\| = \begin{pmatrix} 0 & 8 & 4 & 5 \\ 5 & 0 & 5 & 4 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 6 & 15 \end{pmatrix}.$$

Шаг 2 – определение назначений. Если в полученной матрице стоимостей можно выбрать по одному нулевому элементу так, что соответствующее этим элементам решение будет допустимым, то данное назначение оптимально. Рассмотрим сначала строки матрицы стоимости назначений. Строки 1, 2 и 4 содержат по одному нулю. Взяв эти строки в порядке возрастания их номеров, произведем вначале назначение, соответствующее элементу (1,1), и вычеркнем нулевой элемент (4,1). Затем произведем назначение, соответствующее элементу (2,2), притом, что элемент (4,1) был уже вычеркнут. Рассмотрим столбцы матрицы стоимости назначений с учетом вычеркнутых нулевых элементов по строкам. Столбцы 3 и 4 содержат по одному нулевому элементу. Проведем третье назначение, соответствующее элементу (3,3). В столбце 4 назначение невозможно, так как нулевой элемент стоит в строке 3, а назначение в ней выполнено. Поскольку полного назначения нулевой стоимости не может быть получено, необходимо провести дальнейшую модификацию редуцированной матрицы стоимости.

Шаг 3 – модификация редуцированной матрицы. Определим для редуцированной матрицы стоимостей минимальное множество строк и столбцов, содержащих нулевые элементы, и найдем минимальный элемент вне данного множества:

а) число нулей в строках матрицы стоимости соответственно равно 1, 1, 2 и 1, в столбцах оно равно 2, 1, 1 и 1;

б) максимальное число нулей (по два) содержат строка 3 и столбец 1. Вычеркиваем строку 3;

в) число невычеркнутых нулей равно 1, 1, 1 соответственно в строках 1, 2 и 4. Для столбцов число невычеркнутых нулей равно 2, 1, 0 и 0. Вычеркиваем столбец 1. Остался только один невычеркнутый нуль – элемент (2,2), можно вычеркнуть либо строку 2, либо столбец 2.

Если число линий, необходимое для того, чтобы вычеркнуть нулевые элементы, равно числу строк или столбцов матрицы стоимости, то существует назначение нулевой стоимости:

г) минимальное значение элемента невычеркнутого множества равно 4. Вычитаем его из всех оставшихся элементов.

Складывая его со всеми элементами, расположенными на пересечении двух штриховых линий (столбца 1 со строками 2 и 3), получаем новую редуцированную матрицу стоимостей, оставив элементы предыдущей матрицы стоимости без изменений.

Новая редуцированная матрица стоимостей содержит еще один нуль – элемент (1,3). Возвращаемся к шагу 2. Шаги 2 и 3 выполняются до тех пор, пока не будет получено оптимальное решение.

Шаг 4 – проведение назначений. Проведем назначение, соответствующее элементу (1,3); нуль (1,1) зачеркиваем. Затем проведем назначения по элементам (2,2), (4,1), (3,4). Получили оптимальное решение, поскольку проведено полное назначение:

$$c = \|c_{ij}\| = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 0 & 1 \\ 9 & 0 & 5 & 4 \\ 6 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 11 \end{pmatrix}; \quad x = \|x_{ij}\| = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Минимальное значение целевой функции (c_{ij} берем из исходной матрицы стоимости значений):

$$f(x) = 10 + 5 + 12 + 5 = 32.$$

Замечание. Если в задаче о назначениях необходимо максимизировать критерий эффективности, то все элементы матрицы стоимостей следует умножить на -1 и сложить их с достаточно большим числом M . Теперь задачу можно решать как задачу минимизации.

Литература

1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.

Зуева К. И.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Аннотация. Рассматривается задача нахождения кратчайшего пути в сети с дугами произвольной длины.

Ключевые слова: кратчайший путь, принцип оптимальности, уравнение Беллмана.

Задачи маршрутизации являются ключевыми в области транспортных перевозок, перемещения и логистики и представляют огромный практический интерес. В решении подобных задач заинтересованы многие организации, например, службы скорой помощи, интернет-магазины, оптовые базы, автотранспортные предприятия, компании, занимающиеся грузоперевозками.

Методом динамического программирования могут решаться задачи, приводящиеся к сетевым моделям, такие, как транспортные задачи с произвольной функцией затрат; задачи замены оборудования; задачи управления запасами и другие задачи, в которых требуется найти кратчайший путь на ориентированной сети.

Дана ориентированная сеть, содержащая N точек (узлов). Найти кратчайший путь из точки 1 в точку N , если заданы матрицы (a_{ij}) расстояний из i в j . Если какие-либо точки i и j не соединены дугами, то следует считать, что соответствующие $a_{ij} = \infty$, а $a_{ii} = 0$.

Построим динамическую модель выбора кратчайшего пути.

Обозначим через Z_i минимальный путь из точки i в N . Оптимальный маршрут из любой точки i обладает тем свойством, что каков бы ни был способ достижения пункта i , последующее решение должно быть оптимальным для части пути, начинающегося в точке i (принцип оптимальности). Пусть из i можно перейти в j , расстояние между этими точками равно a_{ij} . Точка j должна выбираться таким образом, чтобы путь из j в N был частью оптимального пути из j в N . Обозначим минимальный путь из j в N через Z_j . Тогда j выбирается из условия минимизации суммы $a_{ij} + Z_j$. Таким образом, получаем уравнение Беллмана

$$Z_i = \min_{j \neq i} \{a_{ij} + Z_j\} \quad (1)$$

Для реализации уравнения (1) разделим условно все точки сети на n множеств по числу шагов $1, 2, \dots, n$.

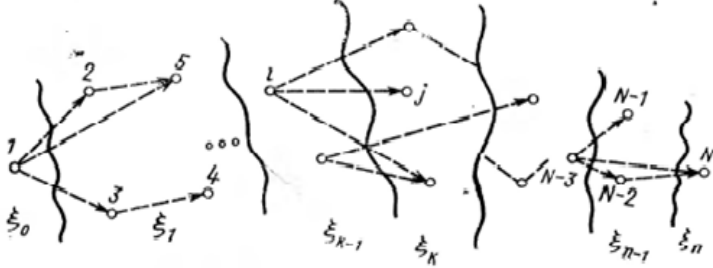


Рис. 1. Разделение точек

К множеству ξ_0 отнесем точки, из которых можно попасть в N не более, чем за n шагов, к ξ_1 – точки, из которых можно попасть в N не более чем за $n-1$ шагов, и т. д. Если $i \in \xi_{k-1}$, то будем считать, что $j \in \xi_{k-1}$. Тогда уравнения (1) примут вид

$$Z_i = \min_{\substack{i \in \xi_{k-1} \\ j \in \xi_{k-1}}} \{a_{ij} + Z_{k+1}(j)\}. \quad (2)$$

Условным оптимальным решением на k -м шаге является точка j , в которую следует перейти из i ; обозначим ее $u_k(i)$.

Точку 1 (единственную) отнесем к множеству ξ_0 ; тогда $Z_{\min} = Z_1^*(1)$. Уравнение (2) будем решать графически, начиная с конца. Точку N (единственную) отнесем к множеству ξ_n ; тогда $Z_{n+1}(N) = 0$. Множество ξ_{n-1} состоит из точек i , из которых можно попасть в N не более чем за один шаг, поэтому

$$Z_n(i) = \min_{\substack{i \in \xi_{n-1} \\ j=N}} \{a_{ij}\} = a_{iN}, u_n(i) = N.$$

Аналогично для точек $i \in \xi_{n-2}$ имеем:

$$Z_{n-1}(i) = \min_{\substack{i \in \xi_{n-2} \\ j \in \xi_{n-1}}} \{a_{ij} + Z_n(j)\} = \min_{\substack{i \in \xi_{n-2} \\ j \in \xi_{n-1}}} \{a_{ij} + a_{jN}\} u_{n-1}(i)$$

и т. д. В итоге условной оптимизации получим совокупность условных решений $u_k(i)$, используя которые, последовательно определим точки, соответствующие оптимальному маршруту.

Решим задачу для сети, изображенной на рис. 2.

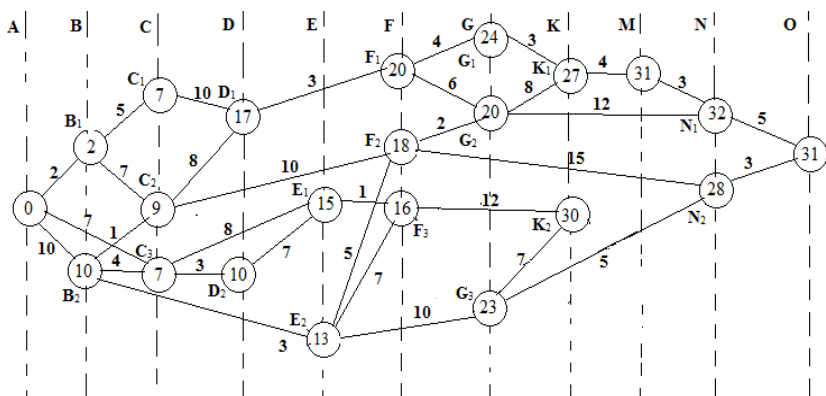


Рис. 2. Начальные условия

Найти кратчайший путь из пункта О в пункт А на сети, изображенной на рис. 2. Точки, стоящие на вертикалях О-А, – это состояния системы на начало следующего этапа. Рассмотрим вертикаль N, в точки N1 N2 можно попасть, пройдя путь 5 и 3 соответственно. Идём на вертикаль М и найдём минимальный путь до точки М: $3+5=8$. Для вертикали К точка K1: $4+8=12$, для того чтобы попасть в точку, нужно посчитать путь до точки G3, равный $5+3=8$, а далее для K2 остается только один вариант, $7+8=15$. Далее для G1: $3+12=15$, $G2: \min\{8+12; 12+12\}=20$, а для G3 уже посчитано выше $G3: 5+3=8$. Для вертикали F, F1: $\min\{4+15; 6+20\}=19$; F2: $\min\{2+20; 3+15\}=18$; F3: $12+15=27$. Для вертикали E: E1: $1+27=28$; E2: $\min\{10+8; 7+27; 5+18\}=18$. Для вертикали D, D1: $3+19=22$; D2: $7+28=35$. Для вертикали C, C1: $10+22=32$; C2: $\min\{8+22; 10+18\}=28$; C3: $\min\{3+35; 8+28\}=36$. Для вертикали B, B1: $\min\{5+32; 7+28\}=35$; B2: $\min\{1+28; 4+38; 3+18\}=21$. Для вертикали А: $\min\{2+35; 7+36; 10+21\}=31$. Следовательно, кратчайший путь равен 31. А маршрут определяют точки $A \rightarrow B2 \rightarrow E2 \rightarrow G3 \rightarrow N2 \rightarrow O$.

Литература

1. Калихман, И.Л. Динамическое программирование в примерах и задачах: учеб. пособие / И.Л. Калихман, М.А. Войтенко. – М.: Высш. школа, 1979. – 125 с.

Игнатьев Р. П.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НЕДЕЛИМЫМИ ПРЕДМЕТАМИ

Аннотация. Рассматривается оптимизационная задача оптимальной загрузки транспортного средства неделимыми предметами.

Ключевые слова: грузоподъёмность, вес, эффективность, оптимизация.

Пусть в самолёт требуется погрузить 4 вида предметов, чтобы эффект от этих предметов (например, стоимость) был максимальным. Грузоподъёмность самолёта равна w ; P_i – вес одного предмета i -го типа ($i = 1, 2, 3, 4$); v_i – эффективность единицы предмета i -го типа; x_i – число предметов i -го типа, взятых на борт самолёта.

Целевая функция задачи –

$$\sum_{i=1}^4 x_i v_i \equiv x_1 v_1 + x_2 v_2 + x_3 v_3 + x_4 v_4 \rightarrow \max,$$

ограничение

$$\sum_{i=1}^4 x_i P_i \equiv x_1 P_1 + x_2 P_2 + x_3 P_3 + x_4 P_4 \leq w.$$

Для численного решения примем, что $w = 10$, $P_1 = 4$, $P_2 = 3$, $P_3 = 2$, $P_4 = 1$, $v_1 = 28$, $v_2 = 20$, $v_3 = 13$, $v_4 = 6$ некоторых единиц.

Получена задача целочисленного программирования. Применим для решения задачи многошаговую процедуру принятия решения. Рассматриваются 2 этапа решения.

1. Нахождение возможных оптимальных вариантов при последовательной оптимизации по одной переменной (в 4 этапах):

- 1) нахождение возможных оптимальных вариантов загрузки самолёта только предметами первого вида;
- 2) оптимизация путём рассмотрения эффективности груза, если загрузить самолёт предметами первого и второго типов;
- 3) оптимизация путём загрузки транспортного средства предметами первых трёх видов;
- 4) оптимизация веса груза w^* , который может принять самолёт.

II. Выбор из этих «заготовок» оптимального решения задачи.

На 1-ом шаге необходимо найти и запомнить значения x_1 и соответствующую им максимальную стоимость груза $f_1(w)$ при различных возможных значениях w . В этом случае максимальная эффективность груза определится как $f_1(w) = \max_{x_1} [x_1 v_1]$ при условиях $x_1 P_1 \leq w$, $x_1 = 0, 1, 2, \dots$

Так как $x_1 \leq w/P$, то для нахождения максимума $f_1(x)$ необходимо x_1 взять возможно большим, т. е. $x_1 = [w/P_1]$ – наибольшее целое число, не превосходящее w/P_1 . Таким образом, $f_1(w) = [w/P_1] v_1$. Через $[z]$ обозначают наибольшее целое число, не превосходящее z . Зададимся значениями w с некоторым шагом и найдём для них x_1 и $f_1(w)$.

Таблица 1. Результаты вычислений $w, f_1(w)$ и x_1

w	$f_1(w)$	x_1	w	$f_1(w)$	x_1
0-3	0	0	8-10	56	2
4-7	28	1			

На 2-ом шаге максимальную эффективность загрузки обозначим через $f_2(w)$. Если предметов 2-го вида взято x_2 , то вес предметов 1-го вида должен быть не больше, чем $w - P_2 x_2$. При этом максимальная эффективность предметов 1-го вида

$$f_1(w - x_2 P_2) = \max_{x_1} [(w - x_2 P_2) v_1],$$

а общая эффективность груза –

$$f_{12} = x_2 v_2 + f_1(w - x_2 P_2).$$

Тогда

$$f_2(w) = \max_{x_2} \{x_2 v_2 + f_1(w - x_2 P_2)\}; \quad 0 \leq x_2 \leq [w/P_2].$$

Таблица 2. Результаты вычислений $f_2(w)$ и x_2

w	$f_2(w)$	x_2	w	$f_2(w)$	x_2
0-2	0	0	7	48	1
3	20	1	8	56	0
4-5	28	0	9	60	3
6	40	2	10	68	2

На 3-м шаге требуется максимизировать по x_3 :

$$f_{123} \equiv x_3 v_3 + f_2(w - x_3 P_3); \quad f_3(w) = \max_{x_3} f_{123}; \quad 0 \leq x_3 \leq [w/P_3].$$

Таблица 3. Результаты вычислений $f_3(w)$ и x_3

w	$f_3(w)$	x_3	w	$f_3(w)$	x_3
0-1	0	0	6	41	1
2	13	1	7	48	0
3	20	0	8	56	0
4	28	0	9	61	1
5	33	1	10	69	1

На 4-ом шаге зададим значения w , которые могут быть отведены для 4-го груза, и вычислим $x_4, f_4(w)$ (табл. 4).

Таблица 4. Результаты вычислений $f_4(w)$ и x_4

w	$f_4(w)$	x_4	w	$f_4(w)$	x_4
0	0	0	6	41	0
1	6	1	7	48	0
2	13	0	8	56	0
3	20	0	9	62	1
4	28	0	10	69	0
5	34	1			

На 2-ом этапе максимальное значение $f_4(w)$ определяет соответствующее значение аргумента x_4 – количество груза 4-го вида, который берёт самолёт (x_4^*). При $w = 10$ имеем

$$f_4(w^*) = \max; f_4(w) = 69; x_4^* = 0.$$

Вес, занятый предметами 4-го вида, $x_4^* P_4 = 0$ единиц.

Максимальное значение $f_3(w)$ определяет соответствующее значение аргумента x_3 . При $w = 10$ имеем

$$f_3(w^*) = \max; f_3(w) = 69; x_3^* = 1.$$

На остальные 2 вида груза остаётся $w - 2 = 8$ единиц. Для $w = 8$ единиц по табл. 2 получаем $x_2^* = 0$, а затем по табл. 1 получаем, что $x_1^* = 2$.

Из табл. 1-4 следует, что они содержат «заготовки» для оптимальной загрузки самолёта любой грузоподъёмности до w ($w = 10$ единиц) указанными предметами. Решены не только поставленная задача, но и ряд родственных задач. Решение задачи требует хранения в оперативной памяти компьютера табл. 1-4.

Литература

2. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие. – 2-е изд. / А. А. Грешилов. – М.: Логос, 2006. – 288 с.

Каравайцева А. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ДИСКРЕТНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Аннотация. Рассматривается дискретная динамическая модель оптимального распределения ресурсов, а также двумерная задача, в которой строится данная модель. В результате решения задачи получен оптимальный план ежегодного распределения средств между двумя предприятиями.

Ключевые слова: динамическая модель, распределение ресурсов, двумерная задача, оптимальный план.

При дискретном вложении ресурсов может возникнуть вопрос о выборе шага Δx в изменении переменных управления. Этот шаг может быть задан или определяется исходя из требуемой точности вычисления и точности исходных данных. Иногда предварительный анализ уравнения состояния позволяет выбрать подходящий шаг Δx , а также установить предельные значения, для которых на каждом шаге нужно выполнить табулирование.

Рассмотрим задачу, в которой необходимо составить оптимальный план ежегодного распределения средств между двумя предприятиями в течение трехлетнего планового периода при следующих условиях: 1) начальная сумма составляет 400; 2) вложенные средства в размере x приносят на предприятии I доход $f_1(x)$ и возвращаются в размере 60% от x , а на предприятии II – соответственно $f_2(x)$ и 20%; 3) ежегодно распределяются все наличные средства, получаемые из возвращенных средств; 4) функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$ заданы в табл. 1:

Таблица 1

x	50	100	150	200	250	300	350	400
$f_1(x)$	6	10	15	26	28	38	45	49
$f_2(x)$	8	12	20	28	35	40	46	48

Процесс управления является трехшаговым. Параметр ε_{k-1} – средства, подлежащие распределению в k -м году ($k = 1, 2, 3$). Переменная управ-

ления x_k – средства, вложенные в предприятие I в k -м году. Средства, вложенные в предприятие II в k -м году, составляют $\varepsilon_{k-1} - x_k = y_k$. Следовательно, процесс управления на k -м шаге зависит от одного параметра x_k (модель одномерная). Уравнение состояния запишется в виде

$\varepsilon_k = 0,6x_k + 0,2y_k$, а функциональные уравнения – в виде:

$$Z_n^*(\varepsilon_{n-1}) = \max_{0 < x_n < \varepsilon_{n-1}} \{f_1(x_n) + f_2(y_n)\}, \quad Z_k^*(\varepsilon_{k-1}) = \max_{0 < x_k < \varepsilon_{k-1}} \{f_1(x_k) + f_2(y_k) + Z_{k+1}^*(\varepsilon_k)\}.$$

Попытаемся определить максимально возможные значения, для которых необходимо проводить табулирование на k -м шаге ($k=1, 2, 3$). При $\varepsilon_0=400$ определяем максимально возможное значение ε_1 . Имеем $\varepsilon_1 = 0,6 * 400 = 2400$ (все средства вкладываются в предприятие I). Аналогично, для ε_2 получаем предельное значение $\varepsilon_2 = 0,6 * 240 = 144$. Пусть $\Delta x = 50$. Составим таблицу суммарной прибыли на данном шаге (табл. 2): $f_1(x) + f_2(y) = f(x, y)$.

Таблица 2

$x \backslash y$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
0	0	6	10	15	26	28	38	45	49
50	8	14	18	23	34	36	46	53	
100	12	18	22	27	38	40	50		
150	20	26	30	35	46	48			
200	28	34	38	43	54				
250	35	41	45	50					
300	40	46	52						
350	46	52							
400	48								

Расчет по формуле $\varepsilon_k = 0,6x_k + 0,2y_k$ приведен в табл. 3.

Проведем условную оптимизацию по обычной схеме. Основное уравнение решим с помощью табл. 2. Как указывалось выше, $\varepsilon_2 \leq 150$. Просмотрим числа на диагоналях, соответствующих $\varepsilon_2 = 0; 50; 100; 150$, и на каждой диагонали выберем наибольшее. Это и есть $Z_3^*(\varepsilon_2)$. В 1-й строке находим соответствующее условное оптимальное управление.

Перейдем к безусловной оптимизации. В результате условной оптимизации получаем $Z_{max} = 99,1$; $x_1^* = 350$; $y_1^* = 50$. По x_1^* и y_1^* в табл. 3 находим $\varepsilon_1^* = 220$. Получаем $x_2^* = 200$; $y_2^* = 20$. Этому управлению в табл. 3 соответствует $\varepsilon_2^* = 124$. Для полученного значения ε_2 после интерполирования находим $x_3^* = 24$; $y_3^* = 100$.

Таблица 3

x y	0	50	100	150	200	250	300	350	400
0	0	30	60	90	120	150	180	210	240
50	10	40	70	100	130	160	190	220	
100	20	50	80	110	140	170	200		
150	30	60	90	120	150	180			
200	40	70	100	130	160				
250	50	80	110	140					
300	60	90	120						
350	70	100							
400	80								

Проведем условную оптимизацию по обычной схеме. Основное уравнение решим с помощью табл. 2. Как указывалось выше, $\varepsilon_2 \leq 150$. Просмотрим числа на диагоналях, соответствующих $\varepsilon_2 = 0; 50; 100; 150$, и на каждой диагонали выберем наибольшее. Это и есть $Z_3^*(\varepsilon_2)$. В 1-й строке находим соответствующее условное оптимальное управление.

Перейдем к безусловной оптимизации. В результате условной оптимизации получаем $Z_{max} = 99,1$; $x_1^* = 350$; $y_1^* = 50$. По x_1^* и y_1^* в табл. 3 находим $\varepsilon_1^* = 220$. Получаем $x_2^* = 200$; $y_2^* = 20$. Этому управлению в табл. 3 соответствует $\varepsilon_2^* = 124$. Для полученного значения ε_2 после интерполирования находим $x_3^* = 24$; $y_3^* = 100$. Итак, получили следующий оптимальный план распределения средств между двумя предприятиями по годам:

Таблица 4

Предприятие	1-й год	2-й год	3-й год
I	350	200	24
II	50	20	100

При этом может быть получен максимальный доход, равный $Z_{max} = 99,1$. Прямой подсчет дохода по табл. 2 для найденного оптимального управления дает 97,2. Расхождение в результатах на 1,9 (около 2%) объясняется ошибкой линейной интерполяции. Рассмотрели вариант задачи оптимального распределения ресурсов.

Литература

1. Калихман, И. Л. Динамическое программирование в примерах и задачах: учебное пособие / И. Л. Калихман, М. А. Войтенко. – М.: Высш. школа, 1979. – 125 с.

Каранаев К. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
 Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА О ПОКУПКЕ АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. В данной статье представлена задача о минимизации затрат. Приведено решение задачи с помощью алгоритма Дейкстры.

Ключевые слова: узел, эксплуатационные расходы, ликвидационная стоимость.

Со временем автомобиль устаревает, и расходы на содержание возрастают. Когда же следует заменить автомобиль? Выберем в качестве критерия $T = 8$ лет. В начале автомобиля нет, решение о покупке принимается в начале года. Предположим, что замена должна происходить хотя бы 1 раз в 4 года. Если автомобиль куплен в начале i -го года, а заменен в начале j -го года, то такому варианту соответствует дуга (i, j) .

Общие затраты на дуге (i, j) $c_{ij} = P_i + \sum_{k=1}^{j-1} m_k - s_j$, где P_i – стоимость автомобиля в начале i -го года, m_k – эксплуатационные расходы в течение k -го года, s_j – ликвидационная стоимость автомобиля в начале j -го года. Значения c_{ij} приведены в таблице.

Шаг	Год							
	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й
1	1800	3100	4200	5100				
2		2050	3550	4800	5800			
3			2200	3775	5100	6150		
4				2300	4000	5400	6500	
5					2425	4225	5700	6850
6						2550	4450	6000
7							2675	4675
8								2800

Оптимальному решению данной задачи соответствует кратчайшая цель из узла $s = 1$ в узел $t = 9$. Для решения этой задачи воспользуемся алгоритмом Дейкстры. Каждой дуге ориентированной сети ставится в соответствие обобщенная стоимость дуги c_{ij} . Фиктивным дугам приписывается стоимость $c_{ij} = 0$, а каждой паре узлов (i, j) , для которых не

существует дуги, соединяющей их, стоимость $c_{ij} = \infty$. Математическая постановка этой задачи следующая.

Минимизировать

$$\sum_i \sum_j c_{ij} f_{ij};$$

при условиях

$$\sum_j f_{sj} - \sum_j f_{js} = 1;$$

$$\sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} = 0; i \neq s; i \neq t;$$

$$\sum_j f_{tj} - \sum_j f_{jt} = -1; f_{ij} \geq 0; c_{ij} \geq 0.$$

Имеем задачу линейного программирования с неизвестными f_{ij} .

Алгоритм Дейкстры основан на следующем факте: если известна кратчайшая цепь из узла s (источника) в узел j и узел k принадлежит этой цепи, то кратчайшая цепь из s в k является частью первоначальной цепи, оканчивающейся в узле k . Алгоритм начинает работать при $j = s$. Затем величина j увеличивается на единицу, при $j = t$ алгоритм завершает свою работу.

Для заданного узла j обозначим «длину» кратчайшей цепи c_{sj} из источника s в узел j . Если длину нельзя улучшить, то она называется постоянной пометкой. Сначала постоянную пометку присваивают только источнику. Для получения постоянной пометки необходимо выполнить следующие шаги.

Шаг 0. Припишем источнику (узел 1) постоянную пометку 0, а узлам $j = 2 - 9$ припишем временные пометки $c_{sj} = \infty$.

Шаг 1. Для источника остается постоянная пометка 0, для узла 2 временная пометка $c_{12} = 1800$, для узла 3 $c_{13} = 3100$, для узла 4 $c_{14} = 4200$, для узла 5 $c_{15} = 5100$. Для остальных узлов временные пометки равны ∞ . Последним из постоянно помеченных узлов является узел 1.

Шаг 2. С узлом 1 непосредственно связаны узлы 2 – 5. Им надо приписать новые временные пометки, равные $\delta_2 = 0 + c_{12} = 1800$, $\delta_3 = 0 + c_{13} = 3100$, $\delta_4 = 0 + c_{14} = 4200$, $\delta_5 = 0 + c_{15} = 5100$. Поскольку δ_2 минимальная из всех пометок, то узлу 2 приписывают постоянную пометку $\delta_2 = 1800$.

Шаг 3. Рассматриваем движение из узла 2; оставляем постоянные пометки 0 для узла 1 и 1800 для узла 2. Узлам 3 – 6, непосредственно связанным с узлом 2, приписываем временные пометки соответственно $\delta_3 = c_{13} = 3100$, $\delta_4 = c_{14} = 4200$, $\delta_5 = c_{15} = 5100$, $\delta_6 = c_{16} = 7600$, минимальные из возможных временных пометок при движении из узла 1 в

узлы $j = 3 - 6$. Выбираем $\delta_3 = 3100$, $\delta_4 = 4200$, Остальным узлам приписываем временные пометки, равные ∞ .

Шаг 4. Поскольку минимальное значение временных пометок δ_3 , δ_4 , δ_5 , δ_6 равно 3100, узлу 3 приписываем постоянную пометку $\delta_3 = 3100$. Дальнейшие шаги повторяем аналогично шагам 3 и 4. В следующей таблице приведены результаты вычислений по алгоритму Дейкстры.

Шаг	Узлы							
	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1800	3100	4200	5100	∞	∞	∞	∞
2	[1800]	3100	4200	5100	∞	∞	∞	∞
3	[1800]	3100	4200	5100	7600	∞	∞	∞
4	[1800]	[3100]	4200	5100	7600	∞	∞	∞
5	[1800]	[3100]	4200	5100	7600	9600	∞	∞
6	[1800]	[3100]	[4200]	5100	7600	9600	∞	∞
7	[1800]	[3100]	[4200]	5100	7600	9600	10700	∞
8	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	7600	9600	10700	∞
9	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	7600	9600	10700	11950
10	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	[7600]	9600	10700	11950
11	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	[7600]	9600	10700	11950
12	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	[7600]	[9600]	10700	11950
13	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	[7600]	[9600]	10700	11950
14	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	[7600]	[9600]	[10700]	11950
15	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	[7600]	[9600]	[10700]	11950
16	[1800]	[3100]	[4200]	[5100]	[7600]	[9600]	[10700]	[11950]

Из решения задачи следует, что минимальные общие затраты на покупку и содержание автомобиля составляют за рассмотренный период 11 950 руб. Кратчайшая цепь состоит из дуг, для каждой из которых разность между значениями постоянных пометок ее концевых узлов равна длине этой дуги: $[\delta_i] = [\delta_i] + c_{ij}$. Отсюда следует, что для минимизации общих затрат автомобиль необходимо заменять в начале первого, пятого и девятого годов.

Литература

1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
2. Филиппс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филиппс, А. Гарсиа-Диас. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Кропотова Н. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В данной статье рассматривается модифицированный алгоритм решения задачи о назначениях.

Ключевые слова: издержки производства, плановый объем, плановая стоимость, прибыль.

Предположим, что намечается выпуск трех видов продукции, например, изделий из пластика, металла и дерева, которые могут производиться на 5 предприятиях. По итогам произведенных расчетов необходимо выбрать три наилучших варианта. Известны издержки производства (табл. 1), издержки сбыта (табл. 2), плановый объем производства в единицах для трех видов продукции (35, 160, 54), плановая стоимость в рублях для трех видов продукции (55, 50, 30).

Таблица 1. Издержки производства (руб.)

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	20	23	38	15	35
2	8	29	6	35	35
3	5	8	3	4	7

Таблица 2. Издержки сбыта (руб.)

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	20	50	20	10	13
2	7	90	8	35	60
3	5	5	4	15	6

Далее, зная все данные, можно начать расчеты.

1. Вычислим прибыль на единицу продукции. Для этого сначала найдем сумму издержек: сложим соответствующие показатели первых двух таблиц (табл. 3).

Таблица 3. Общие издержки

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	40	73	58	25	48
2	15	119	14	70	95
3	10	13	7	19	13

Затем из плановой стоимости вычтем получившиеся данные и запишем их в табл. 4.

Таблица 4. Прибыль на единицу продукции

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	15	-18	-3	30	7
2	35	-69	36	-20	-45
3	20	17	23	11	17

2. Теперь необходимо умножить прибыль единицы продукции на годовой объем, таким образом, получим общую годовую прибыль предприятия (табл. 5).

Таблица 5. Общая годовая прибыль предприятия

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	525	-630	-105	1050	245
2	5600	-11 040	5760	-3200	-7200
3	1080	918	1242	594	918

3. Добавим два вида фиктивной продукции, прибыль нулевая (табл. 6).

Таблица 6. Общая годовая прибыль предприятия

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	525	-630	-105	1050	245
2	5600	-11 040	5760	-3200	-7200
3	1080	918	1242	594	918
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

4. Так как это задача максимизации прибыли, то умножим все элементы получившейся матрицы на -1 (табл. 7), и заметим, что наименьшее общее отрицательное число -5760.

Таблица 7. Общая годовая прибыль с противоположными знаками

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	- 525	630	105	-1050	- 245
2	-5600	11 040	-5760	3200	7200
3	- 1080	- 918	-1242	- 594	- 918
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

5. Затем ко всем элементам матрицы, кроме нулевых, прибавим число 5760 и получим матрицу стоимости (табл. 8).

Таблица 8. Матрица стоимости

Вид продукции	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	5235	6390	5865	4710	5515
2	160	16800	0	8960	12960
3	4680	4842	4518	5166	4842
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

6. Далее редуцируем матрицу, модифицируем ее, вычеркивая в ней столбцы 3 и 4, строки 4 и 5. В результате всей проделанной работы получили оптимальное решение и выбрали из возможных вариантов три наилучших (табл. 9).

Таблица 9. Конечная матрица

	Предприятие				
	1	2	3	4	5
1	365	1520	1155	[0]	645
2	[0]	1664	0	8960	12800
3	2	0	[0]	648	164
4	0	[0]	160	160	0
5	0	0	160	160	[0]

Можно сделать вывод, что производство пластика назначается предприятию – 4, металла предприятию – 1, дерева предприятию – 3. Суммарная годовая прибыль соответствующая данному решению равно 7 892 000 рублей.

Литература

1. Грешилов, А.А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
2. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

УДК 330.45

Курзенева Ю. Н.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ЗАДАННОМ РАСХОДЕ

Аннотация. В данной статье представлена задача о многополюсной кратчайшей цепи. Приведено решение задачи с помощью метода Флойда.

Ключевые слова: кратчайшая цепь, сеть, узел, матрица маршрутов.

Запасы – это любые денежные или материальные ценности, которые периодически пополняются и некоторое время сохраняются с целью расходования их в последующие промежутки времени. Управление запасами в общем случае состоит в воздействии на соотношение между двумя основными факторами – пополнением и расходом. Цель управления – оптимизация некоторого критерия, зависящего от расходов на хранение запасов, стоимости поставок, затрат, связанных с пополнением, штрафов и т. д.

Рассмотрим непрерывную модель задачи управления запасами при заданном расходе. Управление в данной задаче будет сводиться к пополнению.

Исходные данные: Планируемый период разделен на 3 промежутка времени, в которых задан расход 150, 50 и 100, производимый в конце каждого из промежутков соответственно. Известен начальный уровень запасов = 100, и конечный уровень запасов = 30. Требуется определить размеры пополнения запасов в каждом промежутке времени для удовлетворения заданного расхода из условия минимизации суммарных затрат за весь планируемый период времени. Затраты не зависят от промежутков

времени и состоят из двух слагаемых: $f(\bar{\varepsilon}_k, x_k) = \varphi(\bar{\varepsilon}_k) + \psi(x_k)$, где $\varphi(\bar{\varepsilon}_k)$ (затраты на хранение) и $\psi(x_k)$ (затраты на пополнение) заданы формулами

$$\varphi(\varepsilon_k) = 0,1\bar{\varepsilon}_k, \varphi(x_k) = \begin{cases} 0 \text{ при } x_k = 0, \\ 6 + 0,04x_k \text{ при } 0 < x_k \leq 150, \\ 12 + 0,16x_k \text{ при } 150 < x_k < \infty \end{cases}$$

Подставляя из равенства $\bar{\varepsilon}_k = \varepsilon_{k-1} + x_k / 2$ значение среднего уровня запаса и используя уравнение $\varepsilon_{k-1} = \varepsilon_k - x_k + d_k$, первое слагаемое в соотношении можно представить в виде $\varphi(\bar{\varepsilon}_k) = 0,1\varepsilon_k - 0,05x_k + 0,1d_k$.

Для 1-го шага, согласно $Z_1^*(\varepsilon_1) = \min_{x_k} \{f_1(\varepsilon_0, x_1)\}$ получим $Z_1^*(\varepsilon_1) = \min_{x_k} \{0,1\varepsilon_1 - 0,05x_1 + 0,1d_1 + \psi(x_1)\}$. Для x_1 имеем единственное решение $x_1 = \varepsilon_1 - 100 + 150 = \varepsilon_1 + 50$, которое и следует подставить в выражение, содержащееся в фигурных скобках. Так как имеется 3 альтернативных решения для $Z_1^*(\varepsilon_1)$. Поскольку $x_1 > 0$, остается два выражения и окончательно получим

$$Z_1^*(\varepsilon_1) = \begin{cases} 0,09\varepsilon_1 + 20,5 \text{ при } \varepsilon_1 \leq 100, \\ 0,21\varepsilon_1 + 32,5 \text{ при } \varepsilon_1 > 100. \end{cases}$$

Переходим к оптимизации 2-го шага, согласно выражению $Z_2^*(\varepsilon_2) = \min_{0 < x_2 \leq \varepsilon_2 + 50} \{0,1\varepsilon_2 - 0,05x_2 + 5 + \psi(x_2) + Z_1^*(\varepsilon_1)\}$. Обозначим выражение, стоящее в фигурной скобке, через $Z_2(\varepsilon_2, x_2)$. В данном случае анализ можно упростить, учитывая, что при любом варианте $Z_2(\varepsilon_2, x_2)$ является линейной функцией от x_2 , а линейная функция может принимать наибольшее и наименьшее значения лишь на границах интервала изменения x_2 , т. е. при $x_2 = 0$ и $x_2 = \varepsilon_2 + 50$. Поэтому имеем только две эти точки.

При $x_2 = 0$ имеем $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 + 50$, а при $x_2 = \varepsilon_2 + 50$ соответственно $\varepsilon_1 = 0$. Для первой точки выбор варианта определяется выражением $Z_1^*(\varepsilon_1)$, поэтому необходимо рассмотреть два случая: $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 + 50 \leq 100$, откуда $\varepsilon_2 \leq 50$ и $\varepsilon_1 + 50 > 100$, откуда $\varepsilon_2 > 50$. Для второй точки выбор варианта определяется только выражением для

$\psi(x_k)$, зависящим от значений $x_2 = \varepsilon_2 + 50 \leq 150$ и $\varepsilon_1 + 50 > 150$, откуда $\varepsilon_2 \leq 100$ и $\varepsilon_2 > 100$.

Итак, всего необходимо проанализировать три интервала для ε_2 : $0 < \varepsilon_2 \leq 50$, $50 < \varepsilon_2 \leq 100$, $\varepsilon_2 > 100$, а затем в каждом из них выбрать наименьшее из значений $Z_2(\varepsilon_2, x_2)$ в двух указанных точках. С помощью графического решения найдем условные минимумы и соответствующие им условные оптимальные управления.

Оптимизация на 3-м шаге выполняется проще, так как задано конечное состояние $\varepsilon_3 = 30$ и не требуется исследовать различные возможные его значения. Имеем $Z_3^*(\varepsilon_3) = \min_{0 < x_2 \leq \varepsilon_2 + 100} \{0,1\varepsilon_3 - 0,05x_3 + \psi(x_3) + Z_2^*(\varepsilon_2)\}$.

Вновь исследуем две крайние точки $x_3 = 0$ и $x_3 = \varepsilon_3 + 100$, которым соответствуют $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 + 100$ и $\varepsilon_2 = 0$. При выборе вариантов для ψ и $Z_2^*(\varepsilon_2)$ учитываем заданное значение $\varepsilon_3 = 30$. Обозначив выражение в фигурной скобке через $Z_3(\varepsilon_3, x_3)$, получим $Z_3(0, \varepsilon_3) = 0,31\varepsilon_3 + 74$ и $Z_3(\varepsilon_3 + 100, \varepsilon_3) = 0,09\varepsilon_3 + 40,5$. Очевидно, что при всех ε_3 выполняется неравенство $Z_3(\varepsilon_3 + 100, \varepsilon_3) < Z_3(0, \varepsilon_3)$, т. е. $Z_3^*(\varepsilon_3) = 0,09\varepsilon_3 + 40,5$.

Перейдем к безусловной оптимизации. При $\varepsilon_3^* = 30$ получаем $Z_{\min} = 43,2$; $x_3^* = 130$. Далее находим $\varepsilon_2^* = \varepsilon_3^* - x_3^* + 100 = 0$, откуда $x_2^* = 0$ и $\varepsilon_1^* = \varepsilon_2^* - x_2^* + 50 = 50$, т. е. $x_1^* = \varepsilon_1^* + 50 = 100$. Итак, мы получили безусловный минимум и безусловное оптимальное уравнение.

Если хотим узнать, как влияет на величину Z изменение конечного состояния, то следует обратиться к формулам для $Z_3^*(\varepsilon_3)$, из которых следует, в частности, что относительное изменение $\Delta Z_{\min}$ определяется равенством $\Delta Z_{\min} = 0,09\Delta\varepsilon_3$.

Литература

1. Войтенко, М. А. Динамическое программирование в примерах и задачах / М. А. Войтенко, И. Л. Калихман. – М.: Высшая школа, 1979. 125 с.
2. Бродецкий, Г. Л. Экономико-математические методы и модели в логистике. Процедуры оптимизации: учебное пособие / Г. Л. Бродецкий, Д. А. Гусев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 195 с.

Мубаракшина К. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О МНОГОПОЛЮСНОЙ КРАТЧАЙШЕЙ ЦЕПИ

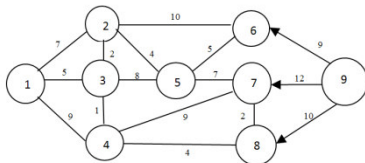
Аннотация. В данной статье представлена задача о многополюсной кратчайшей цепи. Приведено решение задачи с помощью метода Флойда.

Ключевые слова: кратчайшая цепь, сеть, узел, матрица маршрутов.

Кратчайшей цепью между двумя произвольными узлами является цепь, стоимость единицы потока по которой минимальна. Пусть $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество узлов, а c_{ij} – количественный параметр (длина, стоимость) дуги (i, j) , направленной от узла i к узлу j .

Рассмотрим алгоритм Флойда, который позволяет решить задачу для сети из n узлов за n итераций. Первоначально за длину d_{ik}^* кратчайшей цепи между двумя произвольными узлами i и k принимают длину дуги (i, k) , соединяющей эти узлы. Затем последовательно проверяют промежуточные узлы, расположенные между i и k . Если длина цепи, проходящей через промежуточный узел, меньше текущего значения d_{ik} , то переменной d_{ik} присваивают новое значение; если $d_{ik} > d_{ij} + d_{jk}$, то значение d_{ik} заменяют выражением $(d_{ij} + d_{jk})$. Такую процедуру повторяют для всевозможных пар узлов, пока не будет найдена кратчайшая цепь между узлами i и k . Обозначим символом d_{ik}^j оценку длины кратчайшей цепи из узла i в узел k , полученную на j -й итерации, и рассмотрим задачу.

Необходимо соединить девять объектов многополюсной цепью кратчайшей длины, причем один из объектов (№9) может быть только направляющим информацию, а остальные могут и принимать, и направлять информацию. На рисунке каждый объект представлен узлом, а каждая линия – дугой. Числа, приписанные дугам, соответствуют расстоянию между объектами. Требуется найти для каждого объекта кратчайшие пути, связывающие его с другими объектами. Поскольку $n = 9$, то число итераций в алгоритме будет 9. На каждой итерации строят матрицу длин кратчайших путей, которые содержат текущие оценки длин кратчайших цепей



$D^j = \|d_{ik}^j\|$, где $D^0 = \|c_{ij}\|$, и матрицу маршрутов R^j , служащую для нахождения промежуточных узлов кратчайших цепей. На j -той итерации $R^j = \|r_{ik}^j\|$, где r_{ik}^j – первый промежуточный узел кратчайшей цепи из i в k . Узел r_{ik}^j может быть получен из следующего соотношения:

$$r_{ik}^j = \begin{cases} j, & \text{если } d_{ik}^{j-1} > d_{ij}^{j-1} + d_{jk}^{j-1} \\ r_{ik}^{j-1} & \text{в противном случае} \end{cases}.$$

Строим матрицу длин кратчайших цепей D^0 и матрицу маршрутов R^0 . Отсутствие связи помечаем знаком ∞ , а нулем обозначаем связи внутри одного узла. Получаем:

$$D^0 = \begin{bmatrix} 0 & 7 & 5 & 9 & \infty & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 7 & 0 & 2 & \infty & 4 & 10 & \infty & \infty & \infty \\ 5 & 2 & 0 & 1 & 8 & \infty & \infty & \infty & \infty \\ 9 & \infty & 1 & 0 & \infty & \infty & 9 & 4 & \infty \\ \infty & 4 & 8 & \infty & 0 & 5 & 7 & \infty & \infty \\ \infty & 10 & \infty & \infty & 5 & 0 & \infty & \infty & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 9 & 7 & \infty & 0 & 2 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & 4 & \infty & \infty & 2 & 0 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty & 9 & 12 & 10 & 0 & \infty \end{bmatrix}, \quad R^0 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}.$$

Итерация 1. Выбираем базовый узел $j=1$. В матрице D^0 вычеркиваем j -ю строку и j -ый столбец. Чтобы определить, приведет ли использование узла к более коротким цепям, необходимо исследовать элементы матрицы D^0 с помощью операции: $d_{ik}^j = \min\{d_{ik}^{j-1}, d_{ij}^{j-1} + d_{jk}^{j-1}\}$, $j \neq i \neq k$.

Если $d_{ik}^j = \infty$, т. е. j -й элемент базового столбца равен ∞ , то $d_{ik}^j = d_{ik}^{j-1}$.

Если $d_{jk}^{j-1} = \infty$, т. е. j -й элемент базовой строки равен ∞ , то $d_{ik}^{j-1} = d_{ik}^j$.

Если $d_{ik}^{j-1} \neq \infty$ и одно из двух значений d_{ij}^{j-1} или d_{jk}^{j-1} превосходит d_{ik}^{j-1} , то замену также производить не следует. Столбцы 5-9 базовой строки содержат элементы, равные ∞ , и строки 5-9 базового столбца содержат элементы, равные ∞ , т. е. исследовать надо элементы (2,2); (2,4); (4,4); (4,2). Т. к. диагональные элементы можно не рассматривать, необходимо исследовать лишь оценки d_{24}^0 и d_{42}^0 .

$$d_{24}^1 = \min\{d_{24}^0; d_{21}^0 + d_{14}^0\} = \min\{\infty; 7 + 9\} = 16;$$

$$d_{42}^1 = \min\{d_{42}^0; d_{41}^0 + d_{12}^0\} = \min\{\infty; 9 + 7\} = 16;$$

Оценки d_{24}^1 и d_{42}^1 лучше оценок d_{24}^0 и d_{42}^0 , поэтому должны быть внесены в матрицу D^1 , а в матрице маршрутов надо положить $r_{24}^1 = 1$, $r_{42}^1 = 1$. Остальные элементы матриц D^0 и R^0 остаются без изменений.

Итерация 2. Определим узел 2 как базовый и выделим в матрице D^1 2-ю строку и 2-й столбец. Здесь столбцы 4,7,8,9 базовой строки содержат элементы равные ∞ , и строки 4,7,8,9 базового столбца содержат элементы равные ∞ , столбцы и строки 4,7,8,9 не рассматриваем. Диагональные элементы отбрасываем, необходимо исследовать элементы (1,5); (1,6); (3,6); (5,1); (6,1); (6,3).

$$d_{15}^2 = d_{51}^2 = \min\{d_{15}^1; d_{12}^1 + d_{25}^1\} = \min\{\infty; 7 + 4\} = 11;$$

$$d_{16}^2 = d_{61}^2 = \min\{d_{16}^1; d_{12}^1 + d_{26}^1\} = \min\{\infty; 7 + 10\} = 17;$$

$$d_{36}^2 = d_{63}^2 = \min\{d_{36}^1; d_{32}^1 + d_{26}^1\} = \min\{\infty; 2 + 10\} = 12.$$

Таким образом, $r_{15}^2 = r_{51}^2 = r_{16}^2 = r_{61}^2 = r_{36}^2 = r_{63}^2 = 2$.

Аналогично получаем матрицы D^j и R^j . Проведя 9 итераций, получим конечные матрицы D^9 и R^9 , определяющие кратчайшее расстояние для передачи между объектами и последовательность передачи информации:

$$D^9 = \begin{bmatrix} 0 & 7 & 5 & 6 & 11 & 16 & 12 & 10 & \infty \\ 7 & 0 & 2 & 3 & 4 & 9 & 9 & 7 & \infty \\ 5 & 2 & 0 & 1 & 6 & 11 & 7 & 5 & \infty \\ 6 & 3 & 1 & 0 & 7 & 12 & 6 & 4 & \infty \\ 11 & 4 & 6 & 7 & 0 & 5 & 7 & 9 & \infty \\ 16 & 9 & 11 & 12 & 5 & 0 & 12 & 14 & \infty \\ 12 & 9 & 7 & 6 & 7 & 12 & 0 & 2 & \infty \\ 10 & 7 & 5 & 4 & 9 & 14 & 2 & 0 & \infty \\ 20 & 17 & 15 & 14 & 14 & 9 & 12 & 10 & 0 \end{bmatrix}, \quad R^9 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 3 & 2 & 5 & 8 & 4 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 5 & 5 & 8 & 4 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 2 & 5 & 8 & 4 & 9 \\ 3 & 2 & 3 & 4 & 3 & 5 & 8 & 8 & 9 \\ 2 & 5 & 2 & 3 & 5 & 6 & 7 & 7 & 9 \\ 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 6 & 5 & 7 & 9 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 5 & 5 & 7 & 8 & 9 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 7 & 7 & 7 & 8 & 9 \\ 8 & 8 & 8 & 8 & 6 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}.$$

Например, по матрице D^9 определяем кратчайшее расстояние из узла 1 в узел 6, $d_{16}^9 = 16$. Чтобы найти соответствующую последовательность узлов, обратимся к матрице R^9 . Значение $r_{16}^9 = 5$, т. е. узел 5 является промежуточным узлом в кратчайшей цепи из узла 1 в узел 6. Проверим, есть ли между узлом 1 и 5 также промежуточные узлы, значение $r_{15}^9 = 2$ подтверждает, что между узлом 1 и 5 есть промежуточный узел 2. Теперь надо определить, какой узел следует за узлом 5 в кратчайшей цепи из узла 1 в узел 6. Значение $r_{56}^9 = 6$ является конечным узлом в кратчайшей цепи из узла 1 в узел 6. Следовательно, кратчайшая цепь из узла 1 в узел 6 определяется последовательностью узлов 1,2,5,6.

Литература

1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
2. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Померанцев А. О.

Научный руководитель: Шумков Д. С., канд. техн. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСЧЁТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРТИЙ В МЕХАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

***Аннотация.** В статье проанализированы существующие программные решения для расчета партий: 1С:Предприятие, ВИПРОС, Галактика ERP. Были выявлены недостатки данных систем при расчете партий при отсутствии информации о производственных мощностях. Предложен метод расчета партий для механического производства при отсутствии информации о производственных мощностях.*

***Ключевые слова:** расчет партий механического производства.*

Механическое производство выполняет работы по разрезке, токарной, фрезерной, шлифовальной обработке деталей. Одной из важнейших задач производственного планирования является расчет партий для механических цехов. При частой переналадке оборудования под новые детали может теряться много времени и средств. Необходимо минимизировать данные затраты, оптимально загружая цеха работой. При неправильной загрузке производство может нести значительные убытки. В связи с этим задача расчета оптимальных партий, позволяющая снизить издержки на предприятии, является актуальной.

Определение оптимальных партий для механических цехов усложняется на предприятиях, у которых при расчетах нет полных данных о цеховых мощностях.

Существует множество готовых решений данной проблемы. В данной работе рассматриваются три наиболее популярных в России программных решения: ВИПРОС, 1С:Предприятие, Галактика.

Платформа ВИПРОС предназначена для построения прикладных информационных систем на основе реляционных структур данных с объектными расширениями на базе метаданных. На базе программной платформы ВИПРОС подготовлена реализация «ВИП Производство», предназначенная для автоматизации процесса планирования и диспетчеризации основного производства промышленных предприятий.

«1С:Предприятие» – система прикладных решений, построенных по единым принципам и на единой технологической платформе. Подсистема управления производством предназначена для планирования производственных процессов и материальных потоков в производстве, отражения процессов производственной деятельности предприятия и построения нормативной системы управления производством.

Система Галактика ERP – это комплексная управленческая информационная система, разработанная специально для крупных и средних предприятий. Подсистема планирования позволяет оперативно управлять запуском предметов производства, сборкой узлов и изделий, сменно-суточными заданиями, производственной логистикой.

Для получения партий деталей данные системы используют информацию о производственных мощностях, и при отсутствии данного параметра расчет партий становится невозможным. В связи с этим можно сделать вывод, что известные программные решения и теоретические методы не подходят для расчета оптимальных партий при отсутствии информации о мощностях. В данной работе предлагается разработать метод расчета партий для механического производства без привязки к мощностям. На основе полученного метода разработать программное обеспечение для расчета партий для механического производства.

Расчет партий можно разделить на два модуля (рисунок): модуль расчета рангов и модуль расчета партий.

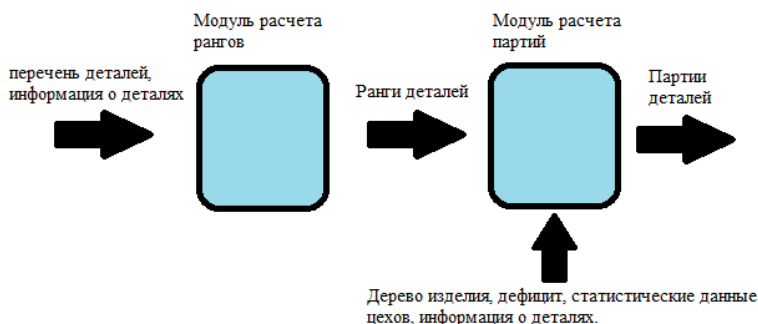


Схема модулей расчета партий

На вход модуля расчета рангов поступает перечень деталей, доступных на данном производстве и информация о них (такие как подготовительно-заключительное время, количество операций, время изготовления одной штуки и другие). Далее на основе полученных данных рассчитываются ранги деталей, которые определяют сложность изготовле-

ния детали. Чем деталь сложнее в изготовлении, тем выше ее приоритет. Расчет рангов ведется через метод Саати.

На вход модуля расчета партий поступают следующие входные данные: перечень деталей данного изделия в виде дерева, дефицит деталей, необходимый для изготовления изделия, распределенный по дереву, статистические данные цехов об изготовленных деталях и потраченном времени на работу, ранги деталей из предыдущего модуля, информация о деталях. В данном модуле происходит суммирование дефицита (поджатие) узлов дерева изделия до минимально рациональной партии. Затем поджимаем полученные узлы по статистической информации до средне сдаваемой партии. На выходе получаем перечень партий деталей для дальнейшего изготовления в цехе.

Расчет минимально рациональной партии для запуска рассчитывается по формуле: $N_{\min} = \frac{T_{пз}}{T_{шт}}$, где $N_{\min}$ – минимально рациональная партия, $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, $T_{шт}$ – время на обработку одной детали.

На каждом узле дерева изделия есть свой дефицит. Поджатие происходит узлами, суммируя их дефицит. В начале производится поджатие по $N_{\min}$, порядок прохождения деталей не важен, но внутри детали узлы рассматриваем в порядке даты запуска. Как только сумма дефицита по детали превысила $N_{\min}$, то начинается поджатие на следующий узел. После чего получают партии, поджатые до минимально рациональной.

Далее производим поджатие полученных на прошлом шаге узлов по статистическим данным, для этого в расчет берем количество средне сдаваемых деталей по цеху и среднее время загрузки цеха на месяц. Рассматриваем узлы, поджатые до $N_{\min}$ по каждому месяцу, начиная с минимального по дате. Внутри месяца сортируем узлы (детали) по рангам. Затем для выбранной детали поджимаем по дате запуска остальные детали и так, пока не превысим статистическое среднее время. Затем, когда месяц просмотрен, но у цехов осталось время, то берем детали из других месяцев по рангу и также поджимаем. В результате получаем размер оптимальной партии деталей.

Вывод. Был проведен анализ существующих решений расчета партий для механического производства. Были рассмотрены системы: 1С:Предприятие, ВМПРОС, ГалактикаERP. По результатам анализа выявлен недостаток: не производится расчет партий при отсутствии информации о производственных мощностях. В связи с этим был предложен метод расчета партий в механическом производстве при отсутствии информации о производственных мощностях.

Родионова Е. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА О ВКЛАДЕ СРЕДСТВ В ПРОИЗВОДСТВО

Аннотация. В данной статье представлена задача о распределении имеющихся ресурсов z между отраслями для получения максимального дохода. Приведено решение задачи с помощью графического метода.

Ключевые слова: функции вклада, функции дохода, график, оптимальное управление.

Задача состоит в распределении имеющихся ресурсов z между отраслями по годам так, чтобы получить максимальный доход.

Пусть планируется деятельность двух отраслей сроком на пять лет. Функции вклада средств в производство для первой и второй отрасли соответственно: $\varphi(x) = 0,78x$ и $\Psi(y) = 0,4y$.

Тогда вклад только в первую отрасль: $z \cdot 0,78; z \cdot 0,78^2; z \cdot 0,78^3; \dots$. Вклад средств только во вторую отрасль выглядит аналогично.

Функции дохода, как функции от объема вкладываемых средств x и z имеют вид: $f(x) = 1 - e^{-x}$ и $g(x) = 1 - e^{-2y}$.

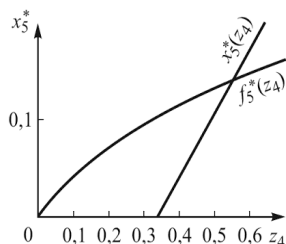
Если к началу пятого года количество средств составляет z_4 и на пятый год выделено x_5 средств первому производству, то второму — y_5 ($y_5 = z_4 - x_5$), тогда чтобы найти условное оптимальное управление на пятом шаге необходимо для каждого z_4 найти максимум функции, являющейся суммой функций дохода от обеих отраслей:

$$f_5 = 1 - e^{-x_5} + 1 - e^{-2(z_4 - x_5)} = 2 - \left[e^{-x_5} + e^{-2(z_4 - x_5)} \right].$$

При фиксированном z_4 максимум достигается при $x_5 = 0$ или в отрезке $(0, z_4)$. Максимум внутри отрезка будет в точке x_5^* , которую находим через производную: $e^{-x_5} + e^{-2(z_4 - x_5)} = 0$.

Таким образом, условное оптимальное уравнение после преобразований будет иметь вид: $x_5^*(z_4) = \begin{cases} 0 & \text{при } z_4 \leq \frac{\ln 2}{2} \\ \frac{1}{3}(2z_4 - \ln 2) & \text{при } z_4 > \frac{\ln 2}{2} \end{cases}$.

Зависимость $x_5^* = x_5^*(z_4)$ и функции $f_5^* = f^*(z_4)$ графически будет выглядеть следующим образом:



Оптимизация на четвертом шаге. Запас средств после третьего шага z_3 . Наибольшее значение z_3 будет достигаться, если все средства вложить в первую отрасль, наименьшее, если все средства будут вложены во вторую: $z_{3\max} = z_0,78^3 = 0,95$; $z_{3\min} = z_0,4^3 = 0,128$.

Из этого следует, что необходимо рассмотреть набор значений z_3 от 0,1 до 0,9 с шагом 0,1. Для каждого из этих значений найдем условное оптимальное управление на четвертом шаге ($x_4^*(z_3)$) и условный оптимальный доход на двух последних шагах ($f_4^*(z_3)$). Для этого необходимо построить серию кривых:

$$f_{4,5} = f_4(z_3, x_4) + f_5^*(z_4) = f_4(z_3, x_4) + f_5^*(0,78x_4 + 0,4(z_3 - x_4));$$

$$f_4(z_3, x_4) = 2 - [e^{-x_5} + e^{-2(z_4 - x_5)}].$$

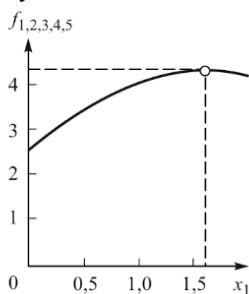
Для каждого z_3 максимальная ордината определяет условный максимальный доход на двух последних шагах, а абсцисса – условное оптимальное управление. Аналогично решают задачу для третьего и второго годов.

Доход на пяти шагах будет иметь вид:

$$f_{1...5}(x_1) = f_1(z, x_1) + f_{2...5}(z_1) = 2 - [e^{-x_1} + e^{-2(z - x_1)}] + f_{2...5}^*(z_1);$$

$$z_1 = 0,78x_1 = 0,4(z - x_1).$$

Зависимость $f_{1...5}$ от x_1 будет иметь вид:



Тогда максимальный доход $f_{1...5}^* = 4,35$, а оптимальное управление на первом шаге $x_1^* = 1,6$, откуда запас средств первого шага:

$$z_1^* = 0,78x_1 + 0,4(z - x_1^*) = 1,41,$$

а оптимальное управление $x_2^* = 1,02$. Остаток средств к концу второго года будет:

$$z_2^* = 0,78x_2^* + 0,4(z_1^* - x_2^*) = 0,97.$$

Аналогично рассчитываем $x_3^*, z_3^*, x_4^*, z_4^*, x_5^*$.

В результате получаем оптимальное управление, показывающее, сколько средств надо вкладывать в первую и во вторую отрасли:

$$x^* = \{x_1^*, x_2^*, x_3^*, x_4^*, x_5^*\} = \{1,6; 1,07; 0,69; 0,37; 0,16\};$$

$$y_1^* = z - x_1^* = 0,4; y_2^* = z_1^* - x_2^* = 0,34; y_3^* = z_2^* - x_3^* = 0,28;$$

$$y_4^* = z_3^* - x_4^* = 0,27; y_5^* = z_4^* - x_5^* = 0,24.$$

Остаток средств: $0,78 \cdot 0,16 + 0,4 \cdot 0,24 = 0,22$.

Литература

1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
2. Филиппс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филиппс, А. Гарсиа-Диас. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Степанова И. Ю.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА О МНОГОПОЛЮСНОЙ ЦЕПИ С МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Аннотация. Рассматривается задача о многополюсной цепи с максимальной пропускной способностью. Представлены основные формулы, используемые для решения общей задачи о многополюсной цепи с максимальной пропускной способностью. Примеры расчётов основных характеристик приведены в виде матриц.

Ключевые слова: матрица пропускных способностей, матрица маршрутов, многополюсная цепь.

Рыночные отношения предъявляют к транспортной системе жесткие требования по ускорению доставки грузов при минимизации затрат на транспортировку, повышению качества и надежности перевозок. Одним из эффективных способов решения данной проблемы является выбор оптимального пути следования груза из точки отправления в точку доставки, исходя из особенностей груза. Рассмотрим задачу о многополюсной цепи с максимальной пропускной способностью на примере.

Требуется перевозить несколько видов оборудования с очень большим вертикальным габаритным размером. Это оборудование можно перевозить только по семи утвержденным маршрутам. Задача заключается в выборе маршрутов с максимально допустимыми подмостовыми зазорами. Каждый элемент матрицы, приведенной в данной таблице, равен высоте проезда под мостом.

Пункт	В пункт						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	13	34	—	—	—	—
2	13	0	—	15	5	—	—
3	34	—	0	23	—	6	—
4	—	15	23	0	13	11	—
5	—	5	—	13	0	—	—
6	—	—	6	11	—	0	—
7	—	—	—	24	3	3	0

Решение поставленной задачи происходит с помощью нескольких этапов.

1. Построение матриц пропускных способностей размером $n \times n$, элементы которой соответствуют пропускным способностям дуг между узлами i и j ($i, j = \overline{1, n}$).

Итерация 0: Исходные матрицы.

Матрица пропускных способностей

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	13	34	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$
2	13	0	$-\infty$	15	2	$-\infty$	$-\infty$
3	34	$-\infty$	0	23	$-\infty$	6	$-\infty$
4	$-\infty$	15	23	0	13	11	$-\infty$
5	$-\infty$	2	$-\infty$	13	0	$-\infty$	$-\infty$
6	$-\infty$	$-\infty$	6	11	$-\infty$	0	$-\infty$
7	$-\infty$	$-\infty$	$-\infty$	24	3	3	0

Матрица маршрутов

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	4	3	3	4	4	7
2	4	2	4	4	4	4	7
3	1	4	3	4	4	4	7
4	3	2	3	4	5	6	7
5	4	4	4	4	5	4	7
6	4	4	4	4	4	6	7
7	4	4	4	4	4	4	7

2. Для каждого $i = \overline{1, n}$ выполнение следующей процедуры: исключить j -ую строку и i -й столбец матрицы и над каждым оставшимся элементом d_{ik} выполнять трехместную операцию

$$d_{ik} = \max \{d_{ik}; \min[d_{ij}, d_{jk}]\} \text{ для всех } i, k \neq j, j = \overline{1, n}.$$

Матрица маршрутов также имеет размеры $n \times n$, где k -й элемент i -й строки в ней первоначально равен k .

3. Замена элементов матрице маршрутов по следующему правилу:

$$r_{ik} = \begin{cases} j, & \text{если } d_{ik} < \min[d_{ij}, d_{jk}] \\ \text{остается неизменной,} & \text{если } d_{ik} \geq \min[d_{ij}, d_{jk}] \end{cases}$$

Если узлы i и j не соединены дугой, то значение соответствующего элемента d_{ij} матрицы пропускных способностей полагается равным $-\infty$.

Оптимальный маршрут может быть построен с помощью последней матрицы маршрутов. Приведем результаты последней итерации 7.

Матрица пропускных способностей 7

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	15	34	23	13	11	$-\infty$
2	15	0	15	15	13	11	$-\infty$
3	34	15	0	23	13	11	$-\infty$
4	23	15	23	0	13	11	$-\infty$
5	13	13	13	13	0	11	$-\infty$
6	11	11	11	11	11	0	$-\infty$
7	23	15	23	24	13	11	0

Матрица маршрутов 7

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	4	3	3	4	4	7
2	4	2	4	4	4	4	7
3	1	4	3	4	4	4	7
4	3	2	3	4	5	6	7
5	4	4	4	4	5	4	7
6	4	4	4	4	4	6	7
7	4	4	4	4	4	4	7

Например, максимальную пропускную способность цепи из пункта 1 в пункт 4 задают значением элемента $d_{14}^* = 23$. Соответствующий маршрут строят следующим образом: $r_{14}^* = 3$, двигаться из узла 1 в узел 4 через узел 3; $r_{34}^* = 4$, двигаться из узла 3 непосредственно в узел 4; $r_{13}^* = 3$, двигаться из узла 1 непосредственно в узел 3.

Рассмотренный метод позволяет включить его в информационную систему, функционал которой может дополнить стандартные методы поиска оптимальных путей.

Литература

1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
2. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диаз. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Тихонова П. А.

Научный руководитель: Пайзерова Ф.А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА О МАКСИМАЛЬНОМ ПОТОКЕ

Аннотация. *Статья описывает метод нахождения максимального потока в транспортной сети, основанный на алгоритме Форда-Фалкерсона. Приведено численное решение примера.*

Ключевые слова: *максимальный поток, пометки, пропускная способность.*

Задача о максимальном потоке – одна из основных проблем в теории вычислительных систем. Суть задачи заключается в том, чтобы подсчитать максимальное количество некоторых объектов, которые могут двигаться с одного конца сети в другой.

Задача о максимальном потоке решается при помощи графов. Одна из вершин графа назначается истоком, т. е. точкой, из которой все объекты начинают свой путь, а другая – стоком - точкой, в которую они все направляются. Пропускная способность каждого ребра ограничена.

Подобные графы моделируют реальные транспортные и коммуникационные сети. Однако их применение гораздо шире, к ним сводятся многие проблемы оптимизации. Помимо анализа собственно сетей, эта задача может использоваться при составлении расписания авиарейсов, распределении задач в суперкомпьютерах, обработке цифровых изображений и расположении последовательностей ДНК.

Алгоритм начинает работу с произвольного допустимого потока, затем стремятся увеличить величину потока с помощью поиска всех возможных аугментальных цепей потока от s к t . Поиск аугментальной (увеличивающей) цепи осуществляется с помощью расстановки пометок в вершинах графа. Пометки указывают, вдоль каких дуг может быть увеличен поток и на сколько. Как только найдена одна из таких цепей, поток вдоль нее увеличивают до максимального значения, все пометки в вершинах стираются и вновь полученный поток используется в качестве исходного при новой расстановке пометок. Алгоритм заканчивает работу и дает максимальный поток, если нельзя найти ни одну аугментальную цепь.

Рассмотрим правила расстановки пометок для задачи о максимальном потоке. Если q_i единиц потока посылают из узла i в узел j и это вызывает увеличение потока по данной дуге, то говорят, что узел j поме-

чен из узла i символом $(+q_j)$; в данном случае узлу j приписывают пометку $[+q_j; i]$. Если посылка q единиц потока вызывает уменьшение потока по дуге, то говорят, что узел j помечен из узла i символом $(-q_j)$. В таком случае узлу j приписывают пометку $[-q_j; i]$.

Увеличивающий или аугментальный путь потока из s в t определяют как связную последовательность прямых и обратных дуг, по которым из s в t можно послать несколько единиц потока. Поток по каждой прямой дуге увеличивается, не превышая при этом ее пропускной способности, а поток по каждой обратной дуге уменьшается.

Предположим, что дуге (i, j) уже приписан поток $f_{ij} > 0$, $f_{ij} < u_{ij}$, где u_{ij} – пропускная способность дуги (i, j) . Следовательно, поток по прямой дуге (i, j) можно увеличить на величину q_j , равную $\min [q_i; u_{ij} - f_{ij}]$. Аналогично помечают узел j , если дуга (j, i) является обратной. Поток по обратной дуге (j, i) может быть уменьшен на величину q_i , равную $\min [q_i; f_{ij}]$.

В начале работы алгоритма источнику приписывают пометку $[\infty; -]$, указывающую на то, что из данного узла может вытекать поток бесконечно большой величины. Далее определяют аугментальный путь потока от источника к стоку, проходящий через помеченные узлы. Все узлы (за исключением источника) в начальный момент не помечены. Пытаясь достичь стока, проходят по прямым и обратным дугам, выбирая дуги с наибольшими пропускными способностями и последовательно помечая принадлежащие им узлы.

Рассмотрим задачу нахождения максимального количества информации, которое может быть передано из источника s в сток t по сети, имеющей пропускные способности дуг, отмеченные на рис. 1.

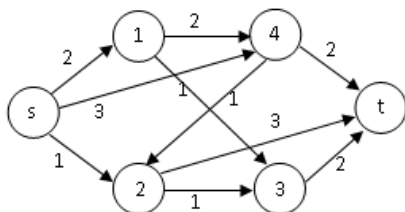


Рис. 1. Пример задачи нахождения максимального потока

Итерация 1. Из источника s максимальный поток идет в узел 4; узлу 4 приписывают пометку $[+3; s]$, так как $q_4 = \min [q_s; u_{s4}] = \min [\infty; 3] = +3$. Из узла 4 максимальную пропускную способность имеет дуга $(4, t)$, ведущая в сток t . Приписывают стоку пометку: $[+2, 4]$, так как $q_t = \min [q_4; u_{4t}] = \min [3, 2] = 2$. Изменение дуговых потоков возможно на 2 единицы: $f_{s4} = 2; f_{4t} = 2$.

Итерация 2. Из источника s предпочтительнее двигаться в узел 1, которому приписывают пометку $[+2; s]$. Из узла 1 необходимо двигаться в

узел 4, которому приписывают пометку $[+2; 1]$, т. к. $q_4 = \min [q_1; u_{14} - f_{14}] = 2$. Из узла 4 направляются в узел 2. Для него $q_2 = \min [q_4, u_{42} - f_{42}] = \min [2; 1] = 1$, поэтому этому узлу 2 приписывают пометку $[+1; 4]$. Из узла 2 идут в сток. Стоку приписывают пометку $[+1; 2]$. Минимальное изменение дуговых потоков равно 1. Максимальный поток равен $2 + 1 = 3$ ед.

Итерация 3. Из узла s идут в узел 4: $q_4 = \min [q_s, u_{s4} - f_{s4}] = \min [\infty; 1] = +1$; узлу 4 приписывают пометку $[+1; s]$. Из узла 4 можно попасть в сток t , только пройдя по обратной дуге в узел 1 и затем в узел 3. $q_1 = \min [q_4, u_{41} - f_{41}] = \min [+1; 4] = +1$, т.е. узлу 1 приписывают пометку $[-1; 2]$. Для узла 3: $q_3 = \min [q_1, u_{13} - f_{13}] = \min [+1; 1] = +1$; узлу 3 приписывают пометку $[+1; 1]$, а для стока t $q_t = \min [q_3, u_{3t} - f_{3t}] = \min [+1; 3] = +1$. Изменения дуговых потоков равны 1, максимальный поток из s в t равен $3 + 1 = 4$ ед.

Итерация 4. Из узла s можно попасть в узел 2, для которого: $q_2 = \min [q_s, u_{s2} - f_{s2}] = \min [\infty; +1] = +1$. Узел 2 получает пометку $[+1; s]$. Из узла 2 попадают в узел 3: $q_3 = \min [q_2, u_{23} - f_{23}] = \min [1; +1] = +1$. Из узла 3 идут в сток t : $q_t = \min [q_3, u_{3t} - f_{3t}] = \min [1; 1] = +1$. Сток t получает пометку $[+1, 3]$. Изменения равны 1. Максимальный поток равен $4 + 1 = 5$ ед.

Итерация 5. Из источника s можно двигаться только в узел 1, а затем в узел 4. Аугментальный поток не может быть найден, т. е. построенные дуговые потоки образуют оптимальное решение. В итоге получают, что максимальное количество информации из источника s в сток t равно 5 ед.: 2 ед. потока идут из источника s через узел 4 в сток t ; 1 ед. потока идет из источника s в узел 1, затем в узлы 4, 2 и попадает в сток t ; 1 ед. идет через узлы 4, 1 и 3, попадая в сток t ; 1 ед. поступает в сток через узлы 2 и 3.

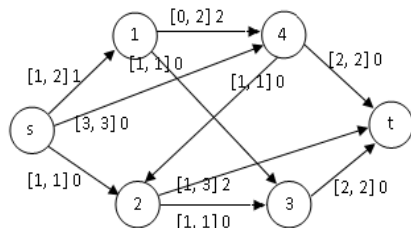


Рис. 2. Решение задачи нахождения максимального потока

Литература

1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие / А. А. Грешилов. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
2. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсия-Диас. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Тойкичева Е. В.

Научный руководитель: Пайзерова Ф. А., канд. физ.-мат. наук, доцент
Поволжский государственный технологический университет

ЗАДАЧА КОММИВОЯЖЁРА

Аннотация. В данной статье представлена задача комбинаторной оптимизации – задача коммивояжёра. Приведено решение задачи с помощью метода ветвей и границ.

Ключевые слова: редукция, гамильтоновы циклы.

Коммивояжёр - это бродячий торговец. Задача коммивояжёра – важная задача транспортной логистики, отрасли, занимающейся планированием транспортных перевозок. Коммивояжёру, чтобы распродать нужные и не очень нужные в хозяйстве товары, следует объехать какое-то количество пунктов и, в конце концов, вернуться в исходный пункт. Требуется определить наиболее выгодный маршрут объезда. В качестве меры выгодности маршрута может служить суммарное время в пути, суммарная стоимость дороги или длина маршрута. Совершенно очевидно, что задача может быть решена перебором всех вариантов объезда и выбором оптимального. Беда в том, что количество возможных маршрутов очень быстро возрастает с ростом количества объезжаемых пунктов.

Пример решения задачи коммивояжёра.

Имеется необходимость посетить 3 города в ходе деловой поездки. Спланировать поездку нужно так, чтобы, переезжая из города в город, побывать в каждом не более одного раза и вернуться в исходный город. Определить оптимальный маршрут посещения городов и его минимальное расстояние.

Возьмем в качестве произвольного маршрута:

$$x_0 = (1,2); (2,3); (3,1).$$

Тогда $F(x_0) = 5 + 9 + 4 = 18$.

Для определения нижней границы множества воспользуемся операцией редукции или приведения матрицы по строкам, для чего необходимо в каждой строке матрицы D найти минимальный элемент.

Расстояние от города к этому же городу обозначено буквой M .

$$d_i = \min(j)d_{ij}.$$

ij	1	2	3	d_i
1	М	5	8	5
2	2	М	9	2
3	4	7	М	4

Затем вычесть найденный минимальный элемент из элементов рассматриваемой строки.

ij	1	2	3
1	М	0	3
2	0	М	7
3	0	3	М

Затем такую же операцию редукции проводим по столбцам (необходимо в каждом столбце матрицы D найти минимальный элемент):

$$d_j = \min(i)d_{ij}$$

ij	1	2	3
1	М	0	3
2	0	М	7
3	0	3	М
d_j	0	0	3

После вычитания минимальных элементов получаем полностью редуцированную матрицу.

ij	1	2	3
1	М	0	0
2	0	М	4
3	0	3	М

$H = 5+2+4+0+0+3 = 14$. Определяем ребро ветвления.

ij	1	2	3	d_i
1	М	0(3)	0(4)	0
2	0(4)	М	4	4
3	0(3)	3	М	3
d_j	0	3	4	0

Наибольшая сумма констант приведения равна $(0 + 4) = 4$ для ребра $(1,3)$, следовательно, множество разбивается на два подмножества $(1,3)$ и $(1^*,3^*)$. Нижняя граница гамильтоновых циклов этого подмножества:

$$H(1^*,3^*) = 14 + 4 = 18.$$

Исключение ребра $(1,3)$ проводим путем замены элемента $d_{13} = 0$ на М, после чего осуществляем очередное приведение матрицы расстояний для образовавшегося подмножества $(1^*,3^*)$, в результате получим редуцированную матрицу.

ij	1	2	3	d_i
1	М	0	М	0
2	0	М	4	0
3	0	3	М	0
d_j	0	0	4	4

Включение ребра $(1,3)$ проводится путем исключения всех элементов 1-ой строки и 3-го столбца, в которой элемент d_{31} заменяем на М, для исключения образования негамильтонова цикла.

После операции приведения сокращенная матрица будет иметь вид:

ij	1	2	d_i
2	0	М	0
3	М	3	3
d_j	0	3	6

Нижняя граница подмножества $(1,3)$ равна:

$$H(1, 3) = 14 + 6 = 20 > 18.$$

Ребро $(1^*,3^*)$ включаем в маршрут. Поскольку $18 > 18$, исключаем подмножество $(1,3)$ для дальнейшего ветвления.

Возвращаемся к прежнему плану X_3 . В результате по дереву ветвлений гамильтонов цикл образуют ребра: для первого плана x_0 .

Длина маршрута равна $F = 18$.

Литература

1. Леоненков, А. В. Решение задач оптимизации / А. В. Леоненков. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 704 с.
2. Оре, О. Графы и их применение / О. Оре. – Пер. с англ. под ред. И. М. Яглома. – М.: Мир, 1965. – 174 с.
3. Липатов, Е. П. Теория графов и её применения / Е. П. Липатов. – М.: Знание, 1986. – 32 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Акмазикова М. А., *IV*, 136
Афлегунова Г. Э., *IV*, 139
- Баталова Н. А., *IV*, 44
Белоусов Н. М., *IV*, 5
Белоусова А. А., *IV*, 8
Борзенкова Ю. В., *IV*, 127
Бусыгин К. В., *IV*, 61
Быцан Т. В., *IV*, 124
- Васенцова М. А., *IV*, 79
Васильев Н. И., *IV*, 177
Васильева С. Ю., *IV*, 91, 102
Воробьева Т. В., *IV*, 121, 130
- Гафурова Д. Р., *IV*, 124
Гаязова А. Р., *IV*, 11
Головина Н. В., *IV*, 82
Гребнев С. А., *IV*, 13
Грубская А. А., *IV*, 85
- Дмитриева К. Р., *IV*, 15
Долгоруков А. И., *IV*, 142
Домрачев Т. Б., *IV*, 18
Дьякова А. Д., *IV*, 180
- Етрукова Д. А., *IV*, 183
- Жукова М. В., *IV*, 87
- Зайцев Д. С., *IV*, 21
Зайцева Е. В., *IV*, 63
Зайцева Н. О., *IV*, 89
Заричный А. В., *IV*, 104
Захарова О. В., *IV*, 109
Зуева К. И., *IV*, 186
- Иванов А. В., *IV*, 61
Иванов Д. А., *IV*, 18
Иванов М. Ю., *IV*, 24
- Игнатьев Р. П., *IV*, 189
Инягина Д. О., *IV*, 114
- Казакова Ю. В., *IV*, 91
Калинин Д. И., *IV*, 27
Канина М. В., *IV*, 127
Каравайцева А. А., *IV*, 192
Каранаев К. А., *IV*, 195
Козлов И. Е., *IV*, 30
Королёва С. А., *IV*, 145
Костромина Е. В., *IV*, 148
Кропотова Н. А., *IV*, 198
Курзенева Ю. Н., *IV*, 201
- Лешканов А. Ю., *IV*, 94, 98
Лоскутов Ю. В., *IV*, 18, 40
Лоцман Я. А., *IV*, 66
Лугошкін С. В., *IV*, 96
Лугошкина А. М., *IV*, 96
- Мазуренко А. М., *IV*, 150
Мералишоева С. И., *IV*, 69
Мирошніченко К. И., *IV*, 121, 130
Москвина О. С., *IV*, 32
Мочалова Н. Н., *IV*, 133
Мубаракшина К. А., *IV*, 204
Муреев П. Н., *IV*, 61, 82
- Напольских А. А., *IV*, 35
- Орлова А. С., *IV*, 38
- Павлов С. А., *IV*, 153
Полянина Ю. С., *IV*, 40
Померанцев А. О., *IV*, 207
Порфирьева Е. Н., *IV*, 24
- Ракипова Д. Р., *IV*, 156
Родионова Е. А., *IV*, 210
Рябчиков И. Д., *IV*, 44

Сабанцев Ф. А., *IV*, 27
Садовин А. Э., *IV*, 159
Салдеева М. А., *IV*, 71
Семенов Р. Н., *IV*, 46, 47
Синева К. А., *IV*, 89
Соколов Д. С., *IV*, 168
Смирнов А. О., *IV*, 94, 98
Смоленцев А. С., *IV*, 40, 100
Сомина Т. О., *IV*, 74
Степанова Е. В., *IV*, 162
Степанова И. Ю., *IV*, 213
Суворов И. С., *IV*, 100

Табаринов Р. А., *IV*, 102
Тихонова П. А., *IV*, 216
Ткаченко Г. М., *IV*, 104
Тойкичева Е. В., *IV*, 219
Торбеева И. Е., *IV*, 50

Торопов А. С., *IV*, 107
Тучков А. В., *IV*, 52

Федорова Е. А., *IV*, 109

Харисова А. Ф., *IV*, 165
Хорошавцев К. А., *IV*, 112
Худякова Е. С., *IV*, 76

Челомбитько А. А., *IV*, 114

Шашкова Е. И., *IV*, 116
Шестаков И. А., *IV*, 168
Ширинов А. А., *IV*, 55
Шувалова А. Б., *IV*, 171

Ядыкова Е. Н., *IV*, 174
Яковлев С. Н., *IV*, 57
Ятманова О. Е., *IV*, 118

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Секция «Исследование, расчет и проектирование конструкций зданий и сооружений»	5
Секция «Исследования в архитектурном проектировании»	61
Секция «Современные материалы и технологии в строительном комплексе»	79
Секция «Исследования в области геодезии, картографии, землеустройства и кадастров»	121
Секция «Моделирование и прогнозирование социально-экономических процессов»	136
Секция «Математические методы и модели исследований операций в экономике»	177
<i>Авторский указатель</i>	222