

Сборник научных трудов академии  
строительства и архитектуры  
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный  
университет В.И. Вернадского»

Свидетельство о регистрации СМИ  
ПИ № ФС77-61830 от 18.05.2015 г.

**Техническая редакция:**

Степанцова Н.А.  
Янушковский К.А.

**Редакционный совет:**

**Председатель: Федоркин С.И., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Заместитель председателя: Николенко И.В., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Заместитель председателя: Любомирский Н.В., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Руководители редакционных комиссий:**

– *Градостроительство* – **Нагаева З.С., д.арх., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

– *Строительные науки* – **Шаленный В.Т., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

– *Инженерное обеспечение* – **Зайцев О.Н., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

– *Экологическая безопасность* – **Ветрова Н.М., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Члены редакционного совета:**

**Андронов А.В., к.ф.-м.н., доц.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Абдулгасис У.А., д.т.н., проф.,** ГБОУ ВО РК «КИПУ»

**Бекиров Э.А., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Беспалов В.И., д.т.н., проф.,** ФГБОУ ВПО «РГСУ»

**Боровский Б.И., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Горбатюк Н.В., к.г.н., доц.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Графкина М.В., д.т.н., проф.,** ФГБОУ ВПО «МГМУ»

**Дворецкий А.Т., д.т.н., проф.,** КФУ им. В.И. Вернадского

**Дьяков И.М., к.т.н., доц.,** КФУ им. В.И. Вернадского

**Кукунаев В.С., д.т.н., с.н.с.,** КФУ им. В.И. Вернадского

**Линченко Ю.П., к.т.н., доц.,** КФУ им. В.И. Вернадского

**Лукьянченко М.А., к.т.н., доц.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Любомирский Н.В., д.т.н., проф.,** КФУ

им. В.И. Вернадского

**Морозов А.Д., к. т. н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Маилян Д.Р., д.т.н., проф.,** ФГБОУ ВПО «РГСУ»

**Несветаев Г.В., д.т.н., проф.,** ФГБОУ ВПО «РГСУ»

**Пищулина В.В., д.арх., проф.,** ФГБОУ ВПО «РГСУ»

**Родин С.В., к.т.н., доц.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Рыжак А.Н., к.ф.-м.н., доц.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Сироджа И.Б., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Серпокрылов Н.С., д.т.н., проф.,** ФГБОУ ВПО «РГСУ»

**Толстой М.Ю., к.т.н., доцент,** ИРНТУ

**Цопа Н.В., д.э.н., проф.,** КФУ им. В.И. Вернадского

**Чемодуров В.Т., д.т.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

**Чеботарев В.И., д.т.н., проф.,** ФГБОУ ВПО «РГСУ»

**Шейна С.Г., д.т.н., проф.,** ФГБОУ ВПО «РГСУ»

**Ячменева В.М., д.э.н., проф.,** КФУ им.В.И. Вернадского

Утвержден к печати согласно протокола заседания  
ученого совета АСА ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»  
№ 19 от 23.12.2015.

Адрес редакции: 95006, г. Симферополь, ул. Павленко, 3,  
АСА, корпус 2, к.410, E-mail: rio@naps.ru

©Академия строительства и  
архитектуры

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Раздел 1. Градостроительство</b>	
Алексеев В.Н., Михеева Ю.Л. Влияние природно-климатических факторов на температурно-влажностный режим ограждающих конструкций объектов культурного наследия XVIII-XIX веков	3
Ли В. Оптимальная дискретизация кривых. Геометрическая постановка задачи	8
Максименко А., Резник М. Озеленение городов в условиях плотной городской застройки	12
Ницын А. Ю. Правила выбора главных элементов построения перспективы	15
Федоркин С.И., Цопа Н. Инфраструктурное обеспечение развития строительного комплекса	24
Федоркин С.И., Дядичев В.В., Любомирский Н.В., Стоянченко С.С., Менюк С.Г., Макарова Е.С., Дядичев А.В., Шуляк Е.Ю. Разработка облачной GPSS-среды на основе паттерна инверсии контроля для информационной системы обслуживания автодорог	36
<b>Раздел 2. Строительные науки</b>	
Акимов С.Ф., Головченко И.В., Шаленный В.Т., Куренько А.В. Прогрессивные направления ресурсосберегающего развития технологии монолитного и сборно-монолитного домостроения в Крыму	42
Барыкин Б., Дворецкий А. Введение обязательной компетенции по разработке энергоэффективных проектных решений (РЭПР – компетенции) для студентов строительных и архитектурных направлений федеральных университетов Российской Федерации	48
Боровский Б.И., Морозов А.Д., Ковалёв А.А., Анисов Д.С., Бородачев В.А. Методика расчета основных параметров шнекоцентробежного напорного механизма пневмомеханической установки для сыпучих материалов	54
Зайцева К.В., Титунин А.А., Ибрагимов А.М. Особенности определения сопротивления теплопередаче клееного деревянного бруса с учетом его сучковатости	62
Меннанов Э.М., Перешиткин К.А. Исследование НДС несущих конструкций памятников архитектуры в сейсмических районах при усилении и реконструкции с приведением к нормам строительства в сейсмических районах	67
Синцов В.П., Митрофанов В.А., Синцов А.В. Особенности проектирования стального силоса в сейсмопасных районах	71
Шейна С.Г., Миргородская Е.О., Миненко Е.Н. Анализ особенностей применения метода оценки стоимости жизненного цикла зданий в России и за рубежом	76
<b>Раздел 3. Инженерное обеспечение</b>	
Вернези С. Новые технологии обессоливания	81
Елохов А. Методики и примеры расчета тепловых мостов	86
Зайцев О., Лукьянченко Д., Меннанов Э., Степанцова Н. Повышение эффективности работы систем низкотемпературного водяного отопления	94
Камышникова Е. Обзор методов очистки сточных вод для их применения в орошении сельскохозяйственных культур	100
Руднева Е.А., Калашникова Н.К., Гончаренко И.А., Клименкова О.И. Точный акустический расчёт – основа оптимальной защиты от шума инженерных систем	115
<b>Раздел 4. Экологическая безопасность</b>	
Ветрова Н.М., Вереха Т. Техногенные шумовые загрязнения как фактор экологии территории	120
Волкова Н., Захаров Р. Повышение роли водопользователя в системе орошаемого земледелия на примере Республики Крым	124

## Раздел 1. Градостроительство

УДК 92.412:551.5]:697.112.1/3:726

### ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ XVIII-XIX ВЕКОВ

Алексеев В.Н., Михеева Ю.Л.

Академия строительства и архитектуры КФУ им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, ул. Киевская, 181

email: miheevajl@gmail.com

**Аннотация:** В статье рассматривается влияние окружающей природной среды на создание оптимального микроклимата в храме через температурно-влажностный режим ограждающих конструкций. Изучается процесс воздействия комплекса климатических факторов на теплозащитные и влажностные характеристики ограждающих конструкций с целью определения динамики параметров микроклимата при различных сезонных колебаниях, позволяющей оценить положительные климатические аспекты каждой стороны горизонта отдельно для теплого и холодного периодов.

**Ключевые слова:** климатические параметры, микроклимат православных храмов, температурно-влажностный режим, солнечная радиация, температурно-ветровой режим.

#### Введение

При проведении реставрационных работ в православных храмах XVIII-XIX веков основное внимание уделяется разработке противоаварийных и консервационных мероприятий. При этом следует подчеркнуть, что проблемы создания и поддержания оптимального температурно-влажностного режима, обеспечивающего сохранность интерьера, декоративного убранства и строительных конструкций являются сложной задачей, требующей всестороннего изучения. [1,15,16]

Эта проблема остается актуальной для действующих православных храмов Крыма, являющихся памятниками истории и культуры. При строительстве этих зданий в прошлых веках, проблема вентиляции и отопления в зимний период осуществлялась в основном за счет печного отопления и вентиляционных каналов, устроенных в стенах здания. За долгий период запустения или нецелевого использования этих помещений система поддержания микроклимата была разрушена, а восстановление функций воздуховодов не представляется возможным из-за сложности каменной кладки.

Использование современного климатического оборудования для поддержания оптимального микроклимата в подобных зданиях, как правило, устанавливается исходя из общего внутреннего пространства. Зачастую подобные мероприятия лишь усугубляют проблему баланса в температурно-влажностном режиме, и могут нарушить аутентичность памятника истории и культуры. При расчете таких систем не учитывается сложность объемно-планировочных решений, конструктивные приемы и влияния многих факторов окружающей природной среды. [4, 8, 10]

Многолетними наблюдениями установлено несомненное влияние природных условий местности на формирование внутренней среды и

температурно-влажностных характеристик ограждающих конструкций. Однако большинство этих научных работ было направлено на изучение влияния климатических факторов на формирование внутренней среды жилых зданий, тогда как в реконструкции и реставрации памятников истории и культуры этот вопрос практически не рассматривается. [6, 7, 9, 11, 14]

#### Анализ публикаций

В силу сложившейся ситуации в стране до конца XX века вопросу сохранности церковных зданий практически не уделялось внимания. Лишь за последнее десятилетие в этой области наметился существенный прогресс: были введены в действие Свод Правил и Стандарт АВОК, разработаны пособия и рекомендации.

Определение оптимальных значений температуры и относительной влажности, а также допустимых колебаний параметров микроклимата всегда вызывало споры и до настоящего времени в мире отсутствует единое мнение по этому вопросу. Многолетние исследования, проводимые как у нас, так и за рубежом установили несомненное влияние климатических факторов на эксплуатационные характеристики строительных конструкций. Изучению природно-климатических особенностей, влияющих на теплотехнические свойства наружных ограждений, посвящено немало научных работ, в которых рассматривались и вопросы создания оптимального микроклимата помещений с учетом перегрева в жарких районах. Однако, в силу того, что эти исследования проводились для жилых зданий, в нашем случае они требуют серьезной корректировки и усовершенствования.

Многие климатические данные недооцениваются в строительной практике. Между тем, правильная оценка основных факторов климата — температуры, ветра, осадков и солнечной радиации на вертикальные поверхности

ограждающих конструкций зданий различной ориентации существенно влияют на создание оптимального микроклимата в помещении.

### Цель и постановка задачи

Целью статьи является обоснование сочетания в комплексе природно-климатических условий при воздействии на ограждающие конструкции, которые позволят получить эквивалентные температуры внешней среды по всем сторонам горизонта.

### Основная часть

Важнейшим условием сохранности памятников архитектуры и их интерьера является создание и поддержание необходимых величин параметров внутренней воздушной среды, которые приведены в табл. 1. [5, 10, 15, 16]

Таблица 1.

Параметры внутреннего воздуха в храмах

Период года	Помещение	Параметры		
		t, °C	φ, %	v, м/с
Холодный	Центральная часть храма	14-16	40-55	0,2
Теплый	Все помещения	23-25	50-55	0,2

Достижение этого баланса при реконструкции храмов осложняется первоочередными требованиями максимальной сохранности здания и его внутреннего убранства.

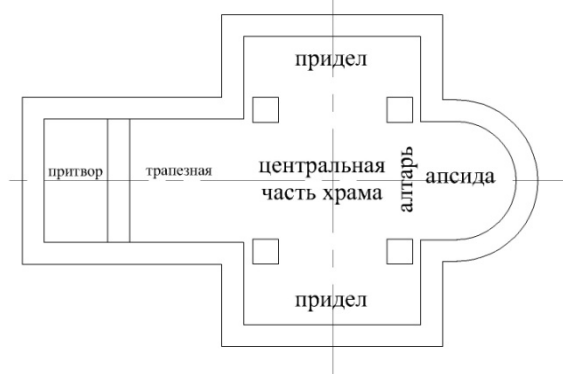


Рис. 1. Схема плана Собора Петра и Павла в г. Симферополе

Церковные здания представляют собой сооружения сложной геометрической формы. Внутреннее пространство усложнено как в плане, так и по высоте. Как правило (рис. 1), в плане они состоят из трех основных частей: алтарь, средней части и притвора. При расчете параметров микроклимата необходимо учитывать их неординарную структуру внутреннего пространства: вытянутый кверху объем помещения, при котором создается тепловая стратификация, уменьшение толщины стен барабана, вследствие чего происходит неравномерное распределение температуры по высоте помещения храма, массивные наружные стены, сравнительно небольшая площадь оконных и дверных проемов.

В силу индивидуальных архитектурно-конструктивных особенностей каждого православного храма и их окружающей природной среды в оценке и создании благоприятного микроклимата для обеспечения сохранности, как здания, так и внутреннего интерьера необходимо подходить комплексно, принимая во внимание такие условия:

### Природная среда – конструктивное решение – режим эксплуатации

На создание микроклимата в помещении большое влияние оказывает взаимозависимость искусственной среды и внешних климатических факторов. [6,7,9] Именно через ограждающие конструкции происходит их взаимодействие. К числу наиболее важных климатических факторов, влияние которых на сооружения оказывается наиболее значительным, относятся:

- температура и влажность наружного воздуха
- солнечная радиация
- температурно-ветровой режим

Принимая во внимание строго каноническую ориентацию здания по сторонам света, можно уже на первом этапе исследования предусмотреть возможные изменения в температурно-влажностном режиме конструкций и внутреннем микроклимате храма.

Благодаря массивным стенам православных храмов, толщина которых варьируется 1,1- 1,6 м, тепловая инерция достаточно велика:  $D \geq 7$ , что отвечает современным требованиям по сопротивлению теплопередаче. Поскольку большую часть зимы здание находится под воздействием других температур, которые не являются нормативными и не принимаются во внимание при определении теплопотерь, рассчитанная система климатизации создаст условия, отрицательно влияющие на сохранность памятников и их интерьеров. [11,12,13].

Исходя из расчета по определению температуры поверхности ограждающих конструкций: перепад температуры наружного воздуха и температуры наружных стен составит 4,5 °C, что в условиях Крыма при среднемесячной температуре в январе -1°С исключит промерзание наружных стен. [6,9]

Проведенные натурные исследования свидетельствуют о большой роли прямой солнечной радиации в тепловом балансе здания и рекомендуют использовать ее в строительной практике. [7,9] Крымский полуостров обеспечен большим количеством тепла не только летом, но и зимой. В декабре и январе здесь на единицу земной поверхности за сутки поступает тепла в 8-10 раз больше, чем, например, в Санкт-Петербурге.

Количество солнечной радиации зависит от сезонности, географической широты и ориентации по сторонам света.

- из годовой суммы радиации Крым получает зимой примерно 10%, весной 30%, летом 40% и осенью 20%.

- в холодный период (с ноября по апрель) с увеличением географической широты уменьшается интенсивность прямой солнечной радиации. Если сравнить данные за январь для Симферополя (45°) и Санкт-Петербурга (60°), то получим что суммарное количество солнечной радиации за сутки в Симферополе в 3 раза больше чем в Санкт-Петербурге (рис. 2).

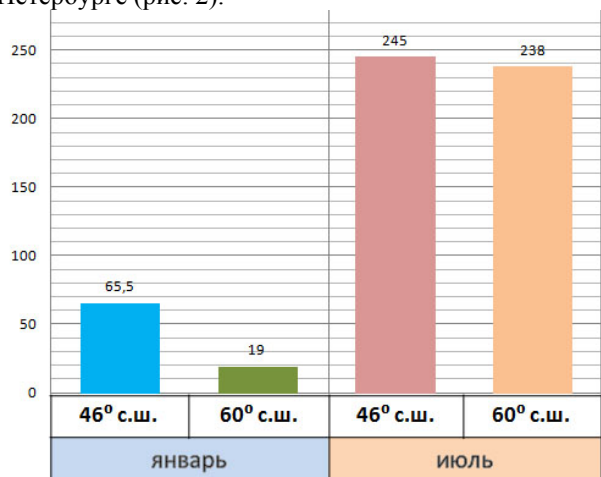


Рис. 2. Суммарная солнечная радиация в зависимости от географической широты, (кВтч/кв.м)

- в холодный период на стены южной, юго-восточной и юго-западной ориентации интенсивность солнечной радиации значительно превосходит значение в летний период и оказывается наибольшим в году (рис. 3).

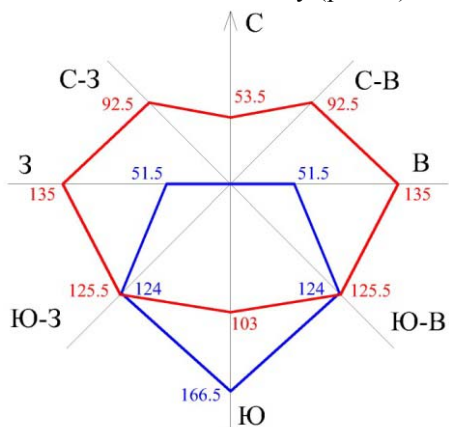


Рис. 3. Количество солнечной радиации в зависимости от сторон света, (кВтч/кв.м)

Большие суммы тепла от прямой солнечной радиации, поступающие на южные стены зимой, интенсивней ее нагревают, что отражается на явлении перепада температур в толще стены, соответственно на ее теплотехническом состоянии повышая его на 15-17 %, в то время как северные стены остаются совершенно не облученными и соответственно в температурном режиме гораздо холоднее.

Температура ветра, его направление и скорость, представленные в табл. 2, относятся к числу наиболее важных климатических факторов, оказывающих значительное влияние на строительные конструкции. В результате недостаточно полного, а иногда и неверного использования этих данных нарушается качество строительных конструкций и санитарно-гигиенические условия внутреннего режима помещений. При воздействии на здание комплексно характеристики элементов климата усиливают или ослабляют эффективное действие друг друга. Совместное действие температуры наружного воздуха и ветра сильно сказываются на температурном режиме наружных стен особенно в зимних условиях. Разница в температуре стен южной и северной ориентации в зависимости от температуры наружного воздуха и направления ветра может составлять до 10 градусов. [6, 7, 9, 13]

Таблица 2.

Параметры температурно-ветрового режима

Показатель для января	Направление ветра							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Температура ветра, °С	0,4	0,9	1,6	2,2	5,6	4,3	1,8	0,3
Повторяем., %	5	23	11	17	12	19	7	6
Скорость, м/с	3,4	5,8	3,9	3,2	5,2	6	5,8	3,8

При расчете воздухопроницаемости ограждающих конструкций учитывается лишь максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет более 16 %, при расчете тепловой защиты здания ветровые данные не учитываются вообще. Однако это очевидно, что влияние господствующего ветра на ограждающие конструкции усугубляется сопровождающими его более низкими температурами воздуха при этом возникает эффект охлаждения, еще больше снижающий температуру наружной поверхности. Эта зависимость представлена в табл. 3.

Особенно тяжелые условия складываются при сильном ветре и интенсивных осадках. При господствующих ветрах большой силы, действующих в комплексе с дождем или мокрым снегом, влага может проникать даже к внутренней поверхности ограждения, резко повышая при этом влагосодержание в конструкциях и внутреннем воздухе.

Таблица 3.

Охлаждающий эффект ветра. Влияние скорости ветра на температуру воздуха

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с				
	1,4	2,8	4,2	5,6	8,3
10	10	9	8	7	7
5	4	3	2	1	0
0	-2	-3	-4	-5	-6
-5	-7	-9	-11	-12	-13
-10	-13	-15	-17	-18	-20

Из-за сложности и многообразия воздействие внешней среды на сооружения данные слабо изучены и еще весьма слабо используются в практике строительства. До сих пор климатические факторы полностью не учитываются в методике теплотехнического расчета. Введенные коэффициенты поправки в зависимости от ориентации по сторонам света (10% – С-З, С, С-В, В и 5% – Ю-В, З) при расчете теплотерь через наружные ограждающие конструкции не могут быть признаны удовлетворительными и не соответствуют воздействию основных климатических факторов. Поэтому мониторинг пространственно-временных изменений климатических факторов является необходимым для оптимизации условий сохранности памятника и предметов интерьера.

В целях установления и изучения влияния различных факторов окружающей среды на ограждающие конструкции и микроклимат в храме предлагается провести экспериментальные и визуальные наблюдения путем регистрации температуры и относительной влажности воздуха. Сравнив эти данные с параметрами наружного воздуха за определенный период (сутки, месяц, сезон, год) понять динамику изменений показателей в конструкциях и внутренней среды за счет сезонных колебаний, а контроль температуры поверхности конструкций позволит оценить риск выпадения конденсата.

Предполагается общий цикл измерений разделить на два периода: холодный период (октябрь-апрель) и теплый период (март-сентябрь), которые в свою очередь делятся на циклы: условия неотапливаемого храма и условия отапливаемого храма. Такой способ даст возможность оценить температурно-влажностный режим памятника в течении года в условиях эксплуатации и дополнительно изучить влияние установленных климатических систем на температурно-влажностный режим в храме.

На основе предварительного обследования выбираются определенные точки для постоянных замеров температурно-влажностных параметров, количество и расположение которых зависит от конкретных особенностей объекта, его состояния и целей исследования.

Изучения температурно-влажностного состояния конструкций и внутренней среды применительно к памятникам архитектуры ведутся неразрушающим методом. Он основывается на выявлении пространственных и временных зависимостей распределения в них влаги и температуры относительно режима эксплуатации и природных условий. При подобном подходе учитываются не только абсолютные значения критериев, но и динамика их изменения в объеме внутреннего пространства. Конечным результатом исследования предполагается достаточно полная картина распределения влаги и температуры в конструкциях памятника во времени. Это позволит

установить основные источники и причины повышенной влажности, наиболее уязвимые части конструкций, провести анализ теплотехнического состояния наружных стен в существующих условиях, дать необходимые рекомендации по нормализации температурно-влажностного режима памятника, затем оценить эффективность их реализации.

### Выводы

В Крыму, с его богатейшим историческим прошлым, его природно-климатическими особенностями и разнообразием строительного материала реставрацию памятников истории и культуры необходимо проводить с учетом местных природно-климатических факторов, их влияния на ограждающие конструкции и создания температурно-влажностного режима в помещениях. В реконструируемых соборах при создании систем климата задача усложняется требованиями максимальной сохранности здания и его внутреннего убранства.

1. Представленный методологический подход, основанный на получении информации о временных и пространственных изменениях относительной влажности, влагосодержания и температуры воздуха, а так же влажности и температуры поверхностей несущих и ограждающих конструкций в течении годового цикла, позволяет обоснованно учитывать изменчивость температур и влажности изучаемых объектов культурного наследия в местных климатических условиях с учетом их изменения.

2. Создаваемая система контроля тепловлажностных параметров в ограждающих конструкциях, внутреннего объема и наружного воздуха позволит моделировать динамику изменения параметров при различных сезонных колебаниях и выработать рекомендации по оптимизации создания благоприятного микроклимата объектов культурного наследия с учетом конкретизации режимов их эксплуатации.

### Литература

1. Сизов Б.Т. Мониторинг температурно-влажностного режима памятников архитектуры. Журнал "АВОК" 2003 год №2
2. Bearzi V. Системы отопления и вентиляции храмовых зданий. Журнал АВОК №8/2003
3. Дорохов В.Б., Зотов А.В. Опыт применения неразрушающих методов контроля температурно-влажностного режима ограждающих конструкций памятников архитектуры. Музейное хранение и оборудование. Информкультура ГБЛ. Экспресс-информ. М., 1991 с.24-30.
4. Кронфельд Я. Г. Принципы устройства систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, тепло- и холодоснабжения в зданиях культовой архитектуры. Журнал АВОК №1/2000

5. Микроклимат церковных зданий. Министерство культуры РФ, ГоНИИ реставрации, М., 2000 г.
6. Васильев Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий. – М., 1957. 212с.
7. Круглова А.И. Климат и ограждающие конструкции. – М.: Стройиздат. 1970. 168 с.
8. Михеева Ю.Л., Сергеева О.И., Алексеенко В.Н. Гидрозащита памятников истории и культуры на примере Петропавловского собора в г. Симферополе. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь: НАПКС, 2014. — Вып. 50. — С. 130—135.
9. Маркус Т.А., Моррис Э.Н. Здания, климат и энергия. - Л.: Гидрометеоздат, 1985.
10. Стандарт АВОК. Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. - М.:АВОК-ПРЕСС, 200
11. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий
12. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика
13. МДС 31-9.2003/АХЦ «Арххрам» Православные храмы и комплексы. Том 2. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
14. СП 31 -103-99 Здания, сооружения и комплексы православных храмов

## EFFECT OF CLIMATIC FACTORS ON THE TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS WALLING CULTURAL HERITAGE XVIII-XIX CENTURIES.

**Summary:** The article examines the impact of the environment to create an optimal climate in the church through the temperature and humidity conditions walling. We study the impact of the complex process of climatic factors on the heat-shielding and humidity properties walling in order to determine the dynamics of microclimate at different seasonal variations, allowing to assess the positive aspects of climate each side separately horizon for warm and cold periods.

**Keywords:** climatic parameters, microclimate Orthodox churches, temperature and humidity conditions, solar radiation, temperature and wind regime

## ОПТИМАЛЬНАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ КРИВЫХ. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Валерий Ли

Южный федеральный университет, д-р техн. наук, профессор кафедры Инженерной графики и компьютерного дизайна, Таганрог, Фрунзе 55, кв.61,

E-mail: igkd@egf.sfedu.ru

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию вопроса дискретизации монотонных кривых. Предлагается на базе традиционной теории дискретизации, обеспечивающей рациональность результата, сформулировать понятие оптимальности точечного каркаса. В постановочном плане вводится понятие дифференциально-геометрически подобных интервалов монотонной кривой, что позволяет сформулировать признаки оптимальности дискретизации. В качестве критерия оптимальности используется ранее введенное понятие геометрической информативности точечного каркаса.

**Ключевые слова:** монотонная кривая; рациональная дискретизация; оптимальная дискретизация; дифференциальная геометрия; геометрическая информативность каркаса; интегральная модель кривой; точечный каркас.

### Постановка задачи

Одним из основных разделов прикладной геометрии в области конструирования кривых линий и поверхностей является задача аппроксимации (дискретизации) и интерполяции (восстановления), причем как в прямой, так и в обратной постановке. Наиболее разработаны методы интерполяции в виде инженерных обводов различного порядка гладкости. При этом для задач интерполяции вопрос рациональности или оптимальности результата в геометрическом смысле по понятным причинам не является актуальным.

Что касается задачи представления кривых и поверхностей точечными множествами, то задача оптимальности представляется вполне корректной, поскольку позволяет минимизировать размерности точечных каркасов при прочих равных условиях.

### Анализ известных результатов и научная новизна

Известно большое количество исследований, посвященных теории аппроксимации для решения инженерных задач на этапе воспроизведения криволинейных форм [1-4]. Однако все эти методы используют так называемый метрически ориентированный подход. Наиболее известный из применяемых в технике – использование параметра отклонения от воспроизводимой формы – стрелка прогиба [3], а для поверхностей – функции знакового расстояния до искомой поверхности [5]. Такой подход теоретически невозможен при попытке решения задачи дискретизации с привлечением аппарата дифференциальной геометрии.

Научная новизна данной работы заключается в новой формулировке теоретической задачи дискретизации кривых линий, а именно: исследовать возможность оптимального (наилучшего и единственного) представления кривой точечным каркасом заданной размерности. Для оценки качества дискретизации необходимо,

естественно, наличие соответствующего геометрического аппарата.

Предметной областью данного исследования является моделирование и визуализация сложных кривых и поверхностей в среде трехмерной компьютерной графики при конструировании виртуальных динамических объектов (полигонизация, например в форме триангуляции), когда на первый план выходят требования к размерностям точечных представлений графических объектов [6].

Традиционная инженерная, метрически ориентированная дискретизация кривых в зависимости от выбранного направления аппроксимации дает, в общем случае, различные результаты. Причина несовпадения результатов дискретизации очевидна. Важно при этом, что получаемые интервалы каркаса не равны между собой по своей геометрической информативной значимости.

### Исследовательская часть

Как указывалось выше в задачах полигонизации виртуальных объектов необходимо размещать узлы дискретизации при наперед заданном их количестве [7,8]. Естественно, что при традиционном подходе задача становится нелинейной и вычислительно трудно разрешимой, а в случае пространственных кривых – вообще неразрешимой.

В задаче отыскания минимизирующей дискретизации в первую очередь необходимо стремиться к сохранению, в максимальной степени, геометрических свойств. Поэтому в качестве критериев близости двух кривых следует рассматривать те варианты, которые имеют дифференциально-геометрический смысл [9]. Будем опираться на понятие изогометрической аппроксимации, когда под мерой близости интервалов разбиения понимается степень отклонения интегральной совокупности

дифференциальных характеристик предельно допустимого порядка. Изогеометрическая аппроксимация введена для функций одного и двух переменных на основе рассмотрения множества точек перемен знака производных. Для аппроксимации функции  $y_1(x)$  функцией  $y_2(x)$  это эквивалентно использованию характеристик отклонения вида

$$h_i(y_1, y_2) = \left| \frac{d^i y_1(x)}{dx^i} - \frac{d^i y_2(x)}{dx^i} \right| ; i = 0, 1, 2, \dots$$

Уточним критерии близости –  $h_i$ , установив следующие требования к ним:

- характеристика «близости» двух объектов должна быть эффективно вычислимой;
- совокупность характеристик должна быть полной, то есть включать достаточный для приложения набор параметров;
- мера отклонения по каждой характеристике должна иметь достаточно наглядный, практически применимый характер.

Известно, что с точностью до движения пространственная кривая определяется кривизной и кручением, а поверхность – коэффициентами первой и второй квадратичных форм, однако прямое использование этих параметров в качестве характеристик близости кривых или поверхностей является проблематичным из-за вычислительной сложности и отсутствия наглядности.

Задачу поиска оптимального дискретного каркаса кривой можно сформулировать в двух вариантах.

Пусть известен некоторый метод восстановления кривой, который позволяет по набору точек  $T_1, T_2, \dots, T_{n+1}$  построить некоторую интерполирующую кривую  $f_2$ , удовлетворяющую избранному критерию близости с исходным прообразом. Существует ли экстремум (в смысле минимума) числа  $n$ ? Усиленный вариант задачи – дополнение вопросом о единственности решения.

Несложно сформулировать на основе этих двух задач общую задачу оптимальности точечных каркасов кривых с позиций прикладной геометрии, где критерии близости графических образов и прообразов наиболее важны. Вариационное исчисление позволяет утверждать, что при заданном  $n$  для дуги регулярной кривой существует оптимальное размещение узлов дискретизации, но аналитическое (или численное) решение такой задачи сводится к интегрированию некоторого минимизирующего функционала.

Задача приближения дуги регулярной и монотонной кривой ломаной линией в общем виде сводится к следующей задаче. Среди кривых  $y=f(x)$ , принадлежащих классу  $C^{(1)}$  на интервале  $[a, b]$  и удовлетворяющих условию  $y(a)=m, y(b)=n$ , найти ту, которая реализует минимум функционала

$$I = \int_a^b F(x, y, y') dx.$$

Из вариационного исчисления известно, что для дуги любой регулярной кривой  $y=f(x)$  всегда можно найти такую ломаную  $P$ , проходящую через точки  $A(a, m)$  и  $B(b, n)$ , которая будет отличаться от кривой сколь угодно мало как по стрелке прогиба  $\delta$ , так и по угловому коэффициенту касательной в любой точке интервала. Другими словами, для ломаной линии  $P$  значение функционала  $I\{P\}$  будет отличаться от  $I\{f(x)\}$  сколь угодно мало. И наоборот, для всякой ломаной линии  $P$ , проходящей через точки  $A$  и  $B$ , всегда можно построить такую допустимую кривую  $y=f(x)$ , проходящую через вершины ломаной, что значение функционала  $I\{f(x)\}$  также будет отличаться сколь угодно мало от  $I\{P\}$ .

Пусть  $g$  – точная нижняя граница значений функционала  $I\{f(x)\}$  на множестве всех допустимых кривых. Тогда можно утверждать:

существует такая последовательность ломаных линий  $\{P_n\}$ , проходящих через точки  $A(a, m)$  и  $B(b, n)$ , что  $\lim I\{P_n\} = g$ , при  $n \rightarrow \infty$ ;

для каждой ломаной  $P_i$ , проходящей через точки  $A$  и  $B$ , выполняется неравенство  $I\{P_i\} \geq g$ , то есть число  $g$  является точной нижней границей значений  $I\{P\}$ .

Пусть минимизирующая последовательность ломаных линий построена. Если решение рассматриваемой задачи существует, то можно ожидать, что построенная последовательность ломаных будет сходиться к этому решению. Но последнее заключение будет справедливым только в том случае, когда минимизирующая последовательность ломаных сходится к допустимой кривой, то есть, если существует возможность предельного перехода под знаком интеграла, а именно:

$$g = \lim I\{P_n\} = I\{\lim P_n\}, \text{ при } n \rightarrow \infty.$$

Известен алгоритм построения минимизирующей последовательности ломаных линий. Пусть  $P_n$  – произвольная ломаная, имеющая  $n$  вершин в точках  $T_1(x_1, y_1), T_2(x_2, y_2), \dots, T_{n+1}(x_{n+1}, y_{n+1})$  и проходящая через точки  $A$  и  $B$ , причем обязательно выполнение условия, что все узла располагаются внутри интервала, то есть  $a < x_1 < x_2 < \dots < x_n < b$ .

Так как на интервале  $[x_i, x_{i+1}]$  ордината ломаной может быть записана в виде

$$y = f(x) = y_i + \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i) =$$

$$y_i + \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} (x - x_i),$$

то после подстановки ломаной  $P_n$  получаем

$$I\{P_n\} = \sum_{i=0}^n \int_{x_i}^{x_{i+1}} \left( F \left( x, y_i + \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} (x - x_i), \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} \right) dx \right. \\ \left. (x_0 = a, x_{n+1} = b) \right)$$

После интегрирования находим  $I\{P_n\}$  как функцию  $2n$  переменных. Если определить числа  $x_i$ ,

$y_1, x_2, y_2, \dots, x_{n+1}, y_{n+1}$  такие, что функционал  $I\{x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_{n+1}, y_{n+1}\}$  достигал минимума, то последовательность ломаных  $P_n$  будет минимизирующей.

Фактически получено приближенное решение дифференциального уравнения вариационным методом. Необходимо также заметить, что описанный прямой вариационный метод имеет и очевидную геометрическую интерпретацию. А именно, – если под близостью дуги кривой и вписанной в нее ломаной понимать не только метрическую, но и дифференциальную близость, то задача сводится к решению дифференциального уравнения, которое невозможно найти без применения операции интегрирования. При этом важно отметить, что такое решение будет иметь порядок точности не выше  $h^3(0)$ . Это свидетельствует о том, что для повышения точности решения и меры близости, например до  $h^4(0)$ , придется применять двойное интегрирование и т.д.

С геометрической точки зрения дискретизацию можно представить как операцию разбиения кривой на заданном интервале на требуемое количество подынтервалов. Тогда разбиение будет оптимальным в том случае, если полученные дуги на подынтервалах будут, по крайней мере, эквивалентны, в частном случае, – подобны с точностью до масштабирования или равны вплоть до метрических характеристик. В этом состоит принципиальное отличие задачи дискретизации от кусочно-линейной аппроксимации. Известно также, что для дифференциальных уравнений вида  $dy/dx=f(x,y)$ , всегда можно получить приближенное решение в форме степенного ряда требуемой степени. Если же удовлетвориться приближенной формулой  $dy \approx f(x,y)dx$ , то можно построить искомую интегральную кривую в виде ломаной Эйлера.

Пусть  $\gamma: I \rightarrow R^n$  – регулярная кривая. Замена параметра (перепараметризация) – это отображение  $h: J \rightarrow I$ . Отображение должно удовлетворять требованиям:

- а)  $h$  – гладко, то есть все производные  $h^{(i)}(s)$  существуют для всех  $s \in J$ ;
  - б)  $h'(s) \neq 0$  ни при каком  $s \in J$ ;
  - в)  $h(J) = I$ ,
- $h$  – биекция  $J$  на  $I$ , поэтому существует и обратное отображение  $h^{-1}: J \rightarrow I$ .

Частным случаем перепараметризации является аффинная операция масштабирования.

Отображение  $h$  – диффеоморфизм, в категориях дифференциальной геометрии этому понятию можно поставить в соответствие понятие эквивалентных дуг гладких кривых.

**Предложение 1.** Две дуги гладкой кривой дифференциально-геометрически эквивалентны, если существует биекция – отображение  $h$ , обладающее свойством диффеоморфизма. С точностью до операции трансляции и

масштабирования, эквивалентность дуг определяет равенство их сферических индикатрис касательных и интегральных конических кривизн.

**Следствие 1.** Дуга гладкой кривой и ее эквидистанта – эквивалентны.

**Следствие 2.** Эквивалентные дуги кривой постоянной кривизны и кручения равны.

**Следствие 3.** Эквивалентные дуги гелис – подобны (равны с точностью до масштабирования).

**Следствие 4.** Дуги кривой с конической кривизной равной нулю, эквивалентны, если равны их интегральные полные кривизны.

В общем случае дуги гладкой кривой с погрешностью порядка  $h^4(0)$  эквивалентны, если равны их интегральные конусы кривизны и кручения, то есть равны интегральные полные кривизны.

**Определение.** Гладкая кривая, коническая кривизна которой постоянна, называется обобщенной винтовой линией.

Вписанная пространственная ломаная обобщенной винтовой линии, заданной в натуральной параметризации на интервале  $[s_1, s_2]$ , выделяющая на кривой эквивалентные дуги определяется выражением

$$P(j) = \frac{1}{j-1} \int_{s_1}^{s_2} k(s) ds,$$

где  $j$  – размерность дискретного каркаса;

$k(s)$  – полная кривизна кривой;

$P$  – интегральная (полная) кривизна выделяемой дуги подынтервала.

### Выводы

Геометрическая интерпретация метода (с погрешностью метода  $h^3(0)$ ) – очередная точка разбиения находится как точка пересечения дискретизируемой кривой с конусом вращения с углом при образующей  $P(j)$  и осью, совпадающей с текущей касательной.

**Предложение 2.** Для заданного  $N$  дискретизация  $R^*$  кривой  $L$  оптимальна, если  $U = \max_{R^*} \{U\}_N^j, \forall R_N^* \in L$ .

С учетом понятия геометрической информативности каркаса можно сформулировать признаки геометрически оптимальной дискретизации в следующем виде.

**Предложение 3.** Точечный каркас кривой геометрически оптимален, если при заданном параметре дискретизации  $N$  он имеет максимальную величину геометрической информативности  $U$ , и при удалении любого из внутренних узлов информативность каркаса снижается на одну и ту же величину.

В работе [4] предложен метод оценки геометрической информативности точечных каркасов для плоских монотонных кривых. В общем случае (для пространственных монотонных кривых) достаточно вместо понятия классической кривизны

плоской кривой рассматривать понятие интегральной кривизны пространственной кривой.

#### Литература

1. Аминов Ю.А. Дифференциальная геометрия и топология кривых. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
2. Верещага В.М. Геометрическое моделирование кривых линий методами дискретной интерполяции. Харьков: Полиграфист, 1995. – 170 с.
3. Завьялов Ю.С., Леус В.А., Скороспелов В.А. Сплайны в инженерной геометрии. – М.: Машиностроение, 1985. - 224 с.
4. Ли В.Г. Дискретизация и анализ каркасов пространственных кривых линий. В кн.: Известия ТРТУ. Спец. выпуск «Материалы XLIV н.-т. конф.». Таганрог:ТРТУ, 1999. №2. С.212-216.
5. Lorensen W.E., Cline H.E. Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm, Computer Graphics // SIGGRAPH '87 Proceedings, 1987. – vol. 21, pp. 163-169.
6. Пауков Д. П. Триангуляция Делоне: итеративные алгоритмы построения триангуляции. // Збірка праць магістрантів Донецького національного технічного університету. Вип. 2. – Донецьк: ДонНТУ. – 2003. – с. 461-469.
7. Ли В.Г. Моделирование динамики полета ЛА в среде виртуальной реальности. //Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА. – 1999. – Вып. 65. С.79-81.
8. Ли В.Г. Дифференциальная прикладная геометрия в задачах синтеза объектов и процессов среды виртуальной реальности. //Геометричне та комп'ютерне моделювання. Сборник научных трудов. Вып. 19. – Харьков: Изд-во ХГУПТ, 2007. С. 127-150.
9. Выгодский М.Я. Дифференциальная геометрия. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1949. – 511 с.

### THE OPTIMAL DISCRETIZATION OF CURVES. GEOMETRIC FORMULATION OF THE PROBLEM

**Summary:** The paper is devoted of investigation the problem discretization of monotonic curves. Based on the traditional theory of discretization formulate the concept of optimality point frame which ensures the rational result. In the statement introduced the concept of differential geometrically similar intervals of the monotonic curves, that allows us to formulate the optimality discretization. The optimality criterion used previously introduced concept of the geometrical informativeness of point frame.

**Keywords:** monotonic curves; rational discretization; optimal discretization; differential geometry; geometrical informativeness of the frame; the integrated model of the curve; point frame.

## ОЗЕЛЕНЕНИЕ ГОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Максименко Александр, Резник Марина

Академия строительства и архитектуры КФУ, Киевская, 181, корпус 3

e-mail: maksimenko\_alexs@mail.ru, lreznik-marina@bk.ru

**Аннотация** В данной работе рассматриваются актуальные и доступные методы решения проблемы нехватки зеленых зон в современных городах, делается обзор существующей ситуации, отражающей суть проблемы, предлагаются актуальные пути решения задачи, используя мировой опыт решения подобных проблем.

**Ключевые слова:** экопарковка, "зеленая стена", зеленая кровля, озеленение, архитектура города

### Введение

Городским зеленым насаждениям необходима определенная территория для произрастания. В зависимости от породы дерева ему для оптимального режима роста нужно от 4 до 50 квадратных метров поверхности земли. Только в таких условиях они могут эффективно выполнять возлагаемые на них функции: поглощать углекислоту и выделять кислород, задерживать пыль и увлажнять воздух, выделять фитонциды и доставлять эстетическое удовольствие человеку. Но в условиях современных городов с их плотной застройкой это затруднительно, а иногда и невозможно.

### Анализ публикаций, материалов, методов.

Зелёные насаждения — совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений на определённой территории, способствующих созданию оптимальных условий для труда и отдыха жителей города, основные из которых — оздоровление воздушного бассейна города и улучшение его микроклимата [1].



Рис.1 Сингапурский сад «TreeHouse»

Одним из современных направлений в ландшафтной архитектуре является использование «зеленых стен» или «вертикальных садов» в формировании зеленого каркаса городов. Условия плотной городской застройки, недостаточное количество автостоянок зачастую не позволяют использовать

традиционные виды озеленения, поэтому применение «вертикальных садов» является единственно возможным способом озеленения, поскольку они занимают вертикальные поверхности, экономя городское пространство. Этот прием хорошо зарекомендовал себя в условиях интерьера, и фитостены широко применяются для создания «вертикальных садов» как в небольших помещениях (офисы, кафе, квартиры), так и внутри больших общественных зданий (холлы гостиниц, аэропорты) [2].

Разработаны уникальные гидропонные технологии создания «зеленых стен», которые позволяют использовать сравнительно легкие конструкции, крепящиеся к фасадам зданий, без применения субстратов либо с облегченными субстратами [3].

Наиболее распространенный прием при использовании «вертикальных садов» — это декорирование фасадов зданий фитокартинами из живых растений. Такие «зеленые стены» совершенно меняют облик здания, придают ему новое решение. За последние 30 лет появилось множество удачных реализованных проектов с использованием вертикальных садов в городском озеленении: фасад музея на набережной Бранли (Париж, Франция, 2005), «вертикальный сад» Халлесавиньон (HallesAvignon, Кот д'Ивуаре, Франция), вертикальный сад Форума (СаїхаForum, Мадрид, Испания, 2007), площадь Испании Санта-Крус-де-Тенерифе (Тенерифе, Испания, 2007), фасад понтонного моста Макс Жювеналь (PontMaxJuvenal, Экс-ан-Прованс, Франция, 2008). Одним из самых крупных на сегодняшний день вертикальных садов в мире стал сингапурский сад «TreeHouse», Это грандиозный 24-этажный вертикальный сад, общей площадью 2289 м<sup>2</sup> расположен на стене здания [4].

В настоящее время важным направлением в развитии архитектуры города является выработка современных способов формирования зон экологического комфорта в условиях уплотненной застройки. К ним также можно отнести и экопарковки. Экологические парковки широко распространены по всему миру. Их главное назначение - сохранить экологическую среду, обеспечив передвижение. В масштабах мегаполисов, где активно сокращаются "природные легкие", экопарковки стали, своего рода, спасением.



Рис 2. Экопарковка

Главная задача зеленой парковки – увеличить площадь, пригодную для стоянки автомобилей за счет покрытий, укрепленных специальными армирующими газонными решетками. Газонные решетки — это основа, на которую выкладывается почва и высаживается трава. Дальше на траву могут заезжать и вставать автомобили. Благодаря газонным решеткам травяное покрытие выдержит нагрузку, его не разрушат ни пешеходы, ни шины автомобилей. [5].

#### **Цель и постановка задачи исследований.**

Целью работы является изучение концепции современного города, к ее анализу и поиску оптимальных и экономичных путей решений задачи, связанной с нехваткой зеленых территорий в современном городе. Задачи:

- 1) Изучение мирового опыта создания зеленых систем городов
- 2) Возможность применения современных систем озеленения для городов Крыма.

#### **Основной раздел с результатами и их анализом.**

В условиях плотной городской застройки городам приходится жертвовать своими парками и зелеными территориями в пользу освоения все новых и новых территорий под ведение строительства. Крым в этом плане не стал исключением: плотная городская застройка требует много свободной площади. В этих условиях городу приходится жертвовать зелеными «островками» парков, рощ, садов. Все это нарушает естественную вентиляцию городов и приводит к резкому ухудшению климата, делая его гораздо теплее, суше и запыленнее. Анализ мировой практики помогает найти выход из этой ситуации и найти путь решения данной проблемы, путем устройства экопарковок, озеленения неиспользованных площадей кровель зданий и вертикальных плоскостей фасадов зданий.

Экопарковки – это технология строительства, которая позволяет в гармонии с природой достичь комфортных условий для проживания человека. Создаются они путем укрепления грунта естественными природными материалами, такими, как щебень, песок. Затем укладывается газонная решетка и почвенный слой с семенами. Экологические парковки подходят как для легковых автомобилей, так и для грузовых. Для усиления прочности к высоким нагрузкам используют более сложные "подушки" (георешетку,

засыпанную песком и щебнем, застилают геотекстилем). Такие прочные экологические стоянки автомобилей позволяют без проблем парковаться тяжелому транспорту, включая грузовые автомобили.

Озеленение крыш можно разделить на *интенсивное и экстенсивное*, в зависимости от объема почвы (или другого посадочного материала). Озеленение стен подразделяется на «живое» и «зеленое» озеленение. Основное отличие между этими методами заключается в том что, зеленые фасады формируются с помощью растений, корни которых находятся в почве. «живая» же стена создается из готовых панелей.

Использование вертикального озеленения фасадов и крыш зданий помогает регулировать тепловой режим внутренних помещений зданий, дает возможность замаскировать внешне неприглядные постройки и создать оптимальные микроклиматические условия – снизить уровень шума, силу ветра, повысить влажность, создать тень, обогатить воздух кислородом, поглотить вредные газы и пыль. Кроме того, вертикальное озеленение оказывает положительное эмоциональное воздействие и может смело соревноваться с уже привычными комнатными цветами и зимними садами.

В России технологии озеленения кровель и фасадов только начинают появляться. Способствует ее развитию желание людей улучшить качество жизни, стремление рационально использовать свободную территорию под современное строительство, изначально закладывая в него новые технологии озеленения. К сожалению, озеленение крыш зачастую ограничивается частным строительством, однако все больше архитекторов закладывают данный метод озеленения в проекты общественных зданий.

До недавнего времени застройщики с опаской относились к реализации подобных проектов, но с приходом в Россию компаний, вооруженных зарубежными технологиями и материалами для озеленения кровель, эта ситуация изменилась.

#### **Выводы**

Озеленение свободных площадей парковок, кровель и фасадов зданий несет огромное положительное влияние на экологию города. Кроме

того использования технологий по озеленению зданий положительно сказывается и на самом здании, помогая продлить его долговечность, улучшить эстетичность восприятия объектов, снизить температуру внутри помещений в период жарких крымских дней, сократить затраты на обогрев помещений зимой, поглотить городской шум.

Проведя анализ мирового опыта строительства зеленых систем в условиях в условиях плотной городской застройки, предлагаются современные методы озеленения для городов Крыма:

- Применение методик «экстенсивного» и «интенсивного» способа озеленения современных зданий

- Озеленение фасадов зданий, с помощью навесных панелей

- Устройство экопарковок в городах Крыма

#### Литература

1. Горбачев В.Н. Архитектурно-художественные компоненты озеленения городов: Учеб. пособие для худож.-пром. вузов и архит. фак. М: Высш. шк., 1983–207с.,

2. Blanc, Patric. The vertical garden: from nature to the

city / Patric Blanc - New York - London: W.W. Norton & Company, 2012. – 207 p.

3. Вертикальное озеленение и благоустройство. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.floraprice.ru/articles/design/casa-verde.html>

4. Вертикальные сады от Патрика Бланка. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.stepandstep.ru/catalog/your-city/145446/vertikalnye--sady-ot-patrika-blana.html>

5. Булдакова Е.А. Современные приемы организации зеленых зон в уплотнённой застройке города. // Современные научные исследования и инновации. – Май,

6. П.Бланк «Вертикальный сад. От природы к городу», 2006

7. [botanichka.ru](http://botanichka.ru)

8. <http://flowerlib.ru/> "FlowerLib.ru: Библиотека по цветоводству"

9. John Raine «Garden lighting», Hamlyn, 2005

10. В.Н. Шитикова, И.В. Пронина «Основы декоративной дендрологии».

11. М.Д. Резник, Тищенко Г.В. «Вертикальное озеленение фасадов зданий» // Строительство и техногенная безопасность. Сборник научных трудов. Выпуск 49, НАПКС 2014 - С.130-134

## URBAN GREENING IN DENSE URBAN AREAS

**Summary:** This paper presents timely and available means for solving the problem of an insufficient quantity of green areas in modern cities as well as it provides a review of the current situation capturing the essence of the matter. It also presents some relevant ways to address the issue using the international experience in achieving similar objectives.

**Key words:** ekoparking, green wall, «green roof», landscaping, architecture, city

## ПРАВИЛА ВЫБОРА ГЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВЫ

Ницын А. Ю.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина, 61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21.

ukgmoda@mail.ru

**Аннотация:** Рассмотрен выбор главных элементов построения перспективы. Приведены доказательства утверждений о том, что для построения перспективы, близкой зрительному восприятию, точка зрения должна находиться в главной точке картины, изображаемый предмет – в пределах угла нормального видения с вершиной в точке зрения, а центр проецирования должен располагаться в точке, удалённой от картинной плоскости на расстояние, вчетверо превышающее высоту точки зрения.

**Ключевые слова:** зрительное восприятие, линейная перспектива, главные элементы построения перспективы.

### Введение

Будем называть главными элементами построения перспективы некоторые величины, от выбора которых зависит не только форма центральной проекции геометрического объекта, но и композиция его изображения. К таким элементам будем относить высоту центра проецирования, расстояние от него до картинной плоскости и расстояние от картинной плоскости до ближайшей к ней точки геометрического объекта.

Какие же рекомендации по выбору главных элементов построения перспективы дают классические труды по начертательной геометрии? Открываем, например, учебник А. Г. Климухина и читаем, что положение центра проецирования надо выбирать таким образом, чтобы геометрический объект был виден из точки зрения под углом не более  $40^\circ$ , а главная точка картины отклонялась от середины изображения не более чем на  $1/3$  его ширины. Замечательно, что эти ограничения вводятся для того, чтобы избежать перспективных искажений, которые появляются на периферийных участках изображения при наблюдении геометрического объекта под углом зрения, превышающим  $40^\circ$  [1]. Обратим внимание, что о положении картинной плоскости здесь не говорится ни полслова, то есть можно сделать вывод о том, что её можно провести через какую угодно точку между предметом и центром проецирования. Это объясняется тем, что «...при параллельном перемещении картины по главному лучу меняется только размер (больше или меньше), а форма изображения сохраняет подобие» [1, с. 223]. Однако соотношение между размерами центральной проекции предмета и высотой точки зрения влияет на композицию его изображения на листе бумаги и, что самое главное, отражается на достоверности, с которой перспектива передаёт глубину пространства на плоскости картины. Поэтому, на наш взгляд, картинную плоскость нельзя поставить, где Бог на душу положит, – её место должно быть выбрано таким образом, чтобы обеспечить как соблюдение законов композиции изображения, так и достоверность передачи глубины пространства на плоскости картины.

Кроме того, в теории перспективы есть проблема, решению которой почему-то не уделяется должного внимания, – это проблема, обусловленная выбором главных элементов построения перспективы в зависимости от высоты точки зрения. Сущность проблемы состоит в том, что если мы выполним перспективу геометрического объекта при разных высотах точки зрения и постоянстве расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, то увидим, что с увеличением высоты точки зрения размеры центральных проекций отрезков прямых линий, перпендикулярных картинной плоскости, увеличиваются, а центральная проекция предмета устремляется к линии горизонта. Между тем опыт зрительного восприятия подсказывает, что с подъёмом на высоту предметы, расположенные на земле, как будто удаляются от линии горизонта, а их длина уменьшается.

### Анализ публикаций

Данное исследование построено на основании научных методов и применения экспериментальных данных.

### Цель и постановка задачи

Таким образом, цель настоящей работы – уточнить изложенные в литературе правила выбора главных элементов построения перспективы, близкой зрительному восприятию.

### Результаты и их анализ

Если перспектива – это плод трудов многих поколений мастеров эпохи Возрождения, то, естественно, работу по развитию способа построения пространства следует начинать с рассмотрения вопроса о том, что знали о природе зрения учёные и художники в XIV–XV веках? Недаром великий и мудрый Козьма Прутков говорил: «Зри в корень!»

Как и философы Древней Греции, в частности Пифагор и его ученики, мастера эпохи Возрождения полагали, что глаз художника испускает некие лучи, которые каким-то чудесным образом «ощупывают» изображаемый предмет и возвращают сведения о его форме и цвете глазу художника. Разумеется, в природе всё происходит

как раз наоборот: лучи света, отражённые от поверхности предмета, попадают в глаз художника и создают в его сознании зрительный образ изображаемого предмета. Впрочем, наивность знаний о природе зрения, распространённых в XIV–XV веках, не только не помешала, но и помогла Филиппо Брунеллески сделать великое открытие – представить изображение на картине как сечение её плоскостью «зрительной пирамиды», состоящей из лучей, проведенных из глаза художника в точки изображаемого предмета.

Обратим внимание, что, если глаз художника назвать «точкой зрения», а точку, откуда исходят лучи, – «центром проецирования», в модели зрительного восприятия, предложенной Филиппо Брунеллески, точка зрения и центр проецирования – это, по существу, одно и то же понятие.

Несмотря на ошибочность воззрений Филиппо Брунеллески на природу зрения, его модель получила широкое признание, потому что давала художникам основанный на простых геометрических правилах способ изображения пространства, близкого зрительному восприятию. Кроме того, широкое распространение получило представление о том, что центр проецирования и точка зрения – это названия одной и той же точки, через которую проходят проецирующие прямые линии. Например, как в учебнике В. Е. Петерсона [2], так и в учебнике А. Г. Климухина точка, через которую проходят проецирующие прямые, называется то «точкой зрения», то «центром проекций». Мы предпочитаем называть точку, через которую проходят проецирующие прямые, центром проецирования, потому что проекция – это изображение предмета на картинной плоскости, а проецирование – это способ, с помощью которого на картинной плоскости получается изображение предмета. Более того, в научно-популярном издании В. А. Тадеева есть рисунок, на котором перед картинной плоскостью стоит наблюдатель, а из его глаз расходятся лучи, пересекающие картинную плоскость [3, с. 45]. Ещё одно подтверждение тому, что современные учёные, как и Филиппо Брунеллески, не видят разницы между точкой зрения и центром проецирования, можно найти в учебнике В. Е. Петерсона, в котором утверждается, что одним из главных элементов построения перспективы является «...расстояние от зрителя до картины – главный луч зрения» [2, с. 37].

Вместе с тем реконструкция главных элементов построения перспективы в полиптихе Святого Антония кисти Пьеро делла Франческа [4] и в фреске Мазаччо «Троица» [5] показала, что если разделить понятия «точки зрения» и «центра проецирования» и точку зрения поместить в главную точку картины, то получится перспектива, более близкая зрительному восприятию, чем перспектива, полученная при совмещении точки зрения и центра проецирования. По нашему мнению, это предположение может быть объяснено тем, что

перспектива – это картина, которая передаёт трёхмерный зрительный образ, рождённый в сознании художника, а картинная плоскость и центр проецирования – это модель, с помощью которой воспроизводится картина на сетчатке его глаза. Поэтому в геометрическом аппарате перспективы зритель должен находиться не в плоскости, проходящей через центр проецирования, а в плоскости, проходящей через главную точку картины, то есть в картинной плоскости, – иначе говоря, чтобы перспектива отражала зрительные ощущения художника, картинную плоскость следует совместить с плоскостью, которая проходит через точку, представляющую модель его глаза.

Проверим правильность догадки о том, что при построении перспективы точку зрения необходимо «отделить» от центра проецирования и перенести её в главную точку картины. Представим, что глаз зрителя находится в центре проецирования  $S$ , и будем рассматривать его как точку зрения. Расположим геометрический объект таким образом, чтобы стороны угла зрения, с вершиной в центре проецирования  $S$  и равного  $28^{\circ}4'$ , были касательными к очерку его горизонтальной проекции [2]. Выполним центральную проекцию геометрического объекта способом точек схода перспектив прямых линий, параллельных основным направлениям, или «способом архитекторов». Обратим внимание, что картинная плоскость проведена через ближайшее к точке зрения ребро геометрического объекта, а расстояние от точки зрения до геометрического объекта равняется примерно 15 м. Покажем на рис. 1 перспективу геометрического объекта, построенную при расположении точки зрения в центре проецирования  $S$ .

Построим теперь перспективу того же геометрического объекта в предположении, что глаз наблюдателя находится в главной точке картины  $P$  и будем рассматривать её как точку зрения. Расположим геометрический объект таким образом, чтобы стороны угла зрения, с вершиной в главной точке картины  $P$  и равного  $28^{\circ}4'$ , были касательными к очерку его горизонтальной проекции. Обратим внимание, что расстояние от точки зрения до ближайшего к точке зрения ребра геометрического объекта также равняется приблизительно 15 м. Чтобы при созерцании перспективы создать правильное представление о глубине пространства, расположим центр проецирования в точке, отстоящей от картинной плоскости на расстояние, равное 8 м. Выполним центральную проекцию геометрического объекта с применением масштабов высот и глубин. Покажем на рис. 2 перспективу геометрического объекта, построенную при расположении точки зрения в главной точке картины  $P$ .

Обратим внимание, что если на рис. 1 угол зрения, равный  $28^{\circ}4'$ , проведен из центра проецирования  $S$ , то на рис. 2 его вершина

расположена в главной точке картины  $P$ . Отсюда следует, что на рис. 1 и на рис. 2 представлены два варианта картины, которую мог бы видеть художник, если бы наблюдал геометрический объект, удалённый от него на расстояние, равное 15 м.

Представим на рис. 3 перспективы одного и того же геометрического объекта: а) при расположении точки зрения в центре проецирования  $S$ ; б) при расположении точки зрения в главной точке картины  $P$ . Какая же перспектива создает более правильное представление о глубине пространства, если на обеих перспективах изображены геометрические объекты, удаленные от точки зрения на одно и то же расстояние, равное 15 м?

По нашему мнению, перспектива, построенная при расположении точки зрения в главной точке картины  $P$ , а центра проецирования  $S$  – в точке, отстоящей от картинной плоскости на расстояние, равное 8 м, отвечает зрительному впечатлению от созерцания геометрического объекта, удаленного от зрителя на расстояние, равное 15 м. В то же время перспектива, построенная при расположении точки зрения в центре проецирования  $S$ , не создает правильного

представления о расстоянии до геометрического объекта, который зритель наблюдает с расстояния, равного 15 м.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных можно сформулировать следующие правила построения перспективы, более близкой зрительному восприятию, чем перспектива, построенная по правилам, изложенным в трудах мастеров эпохи Возрождения:

(1) перед тем как приступить к выполнению перспективы, расположите точку зрения, представляющую глаз художника, в главной точке картины  $P$ ;

(2) удалите от картинной плоскости предмет или группу предметов, подлежащих изображению, на расстояние, при котором стороны угла зрения, с вершиной в главной точке картины  $P$  и равного  $28^\circ 4'$ , были бы касательными к очерку их горизонтальной проекции.

Поясним, почему на рис. 2, где показано построение перспективы с точкой зрения в главной точке картины  $P$ , было выбрано расстояние от центра проецирования до картинной плоскости, равное 8 м.

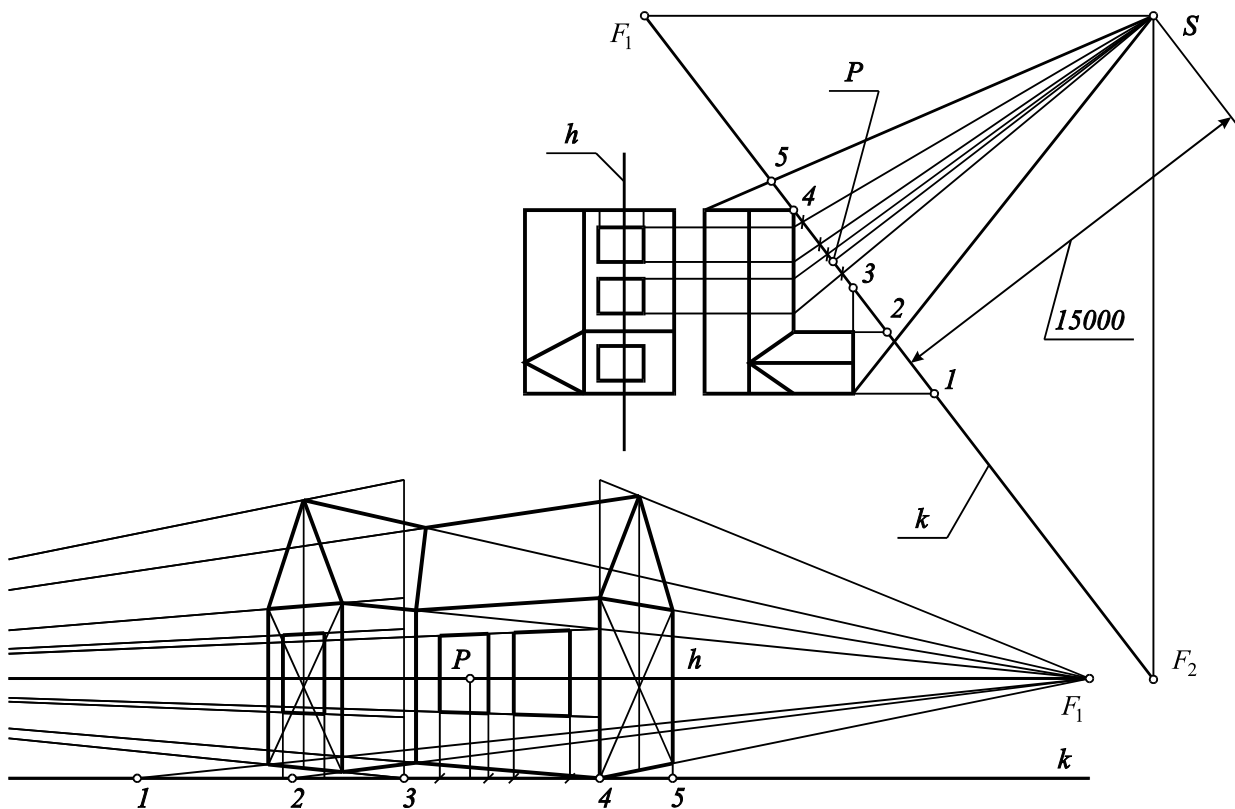


Рис. 1. Перспектива объекта при расположении точки зрения в центре проецирования  $S$

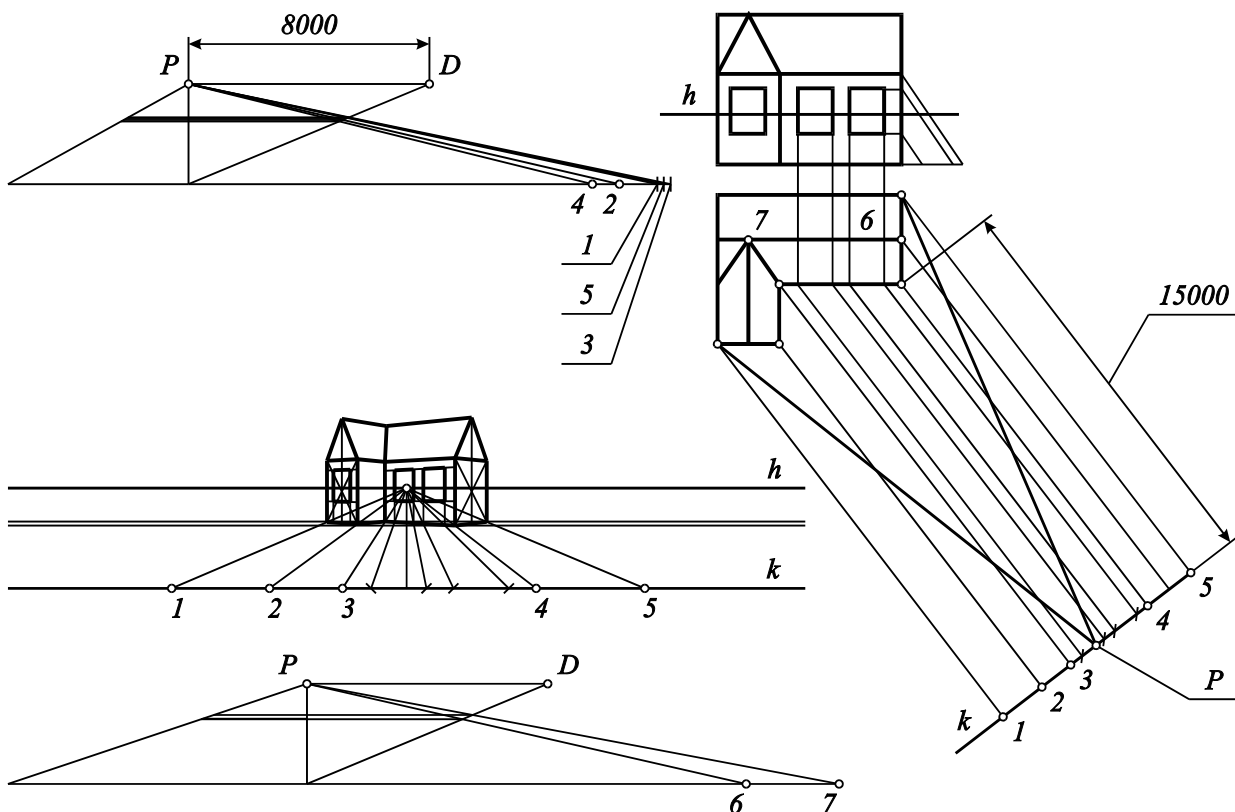


Рис. 2. Перспектива объекта при расположении точки зрения в главной точке картины  $P$

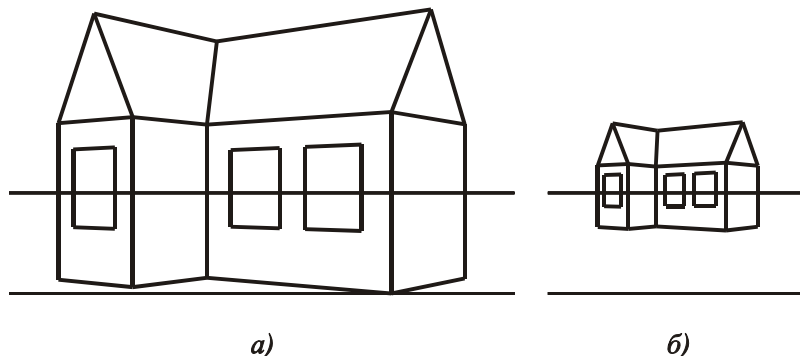


Рис. 3. Перспективы объекта, удаленного от точки зрения на одно и то же расстояние, при расположении точки зрения: а) в центре проецирования  $S$ ; б) в главной точке картины  $P$

Когда-то мы проводили эксперимент по определению зависимости видимого размера предмета от его расстояния до наблюдателя. Опыт состоял в том, что экспериментатор просил ассистента с линейкой в руках отойти от него на заданное расстояние и сравнивал видимый размер линейки со своим измерительным инструментом. Так вот, мы обратили внимание, что при удалении ассистента на некоторое расстояние у экспериментатора создавалось впечатление, будто ассистент стоит посередине пространства, простирающегося от прямой линии, проходящей через следы ног экспериментатора, до линии горизонта [6]. Напомним, что через перспективу точки предметной плоскости можно провести горизонтальную прямую линию, делящую высоту горизонта над следом картинной плоскости на две равные части, в том случае, если расстояние от

точки предметной плоскости до картинной плоскости равняется расстоянию от центра проецирования до картинной плоскости. При этом результаты эксперимента показывают, что выбранное значение расстояния от центра проецирования до картинной плоскости находится в достаточной близости к доверительному интервалу 8,0...12,0 м для его математического ожидания, вычисленному с доверительной вероятностью 0,95 [6]. Представим на рис. 4 результаты эксперимента по определению расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, в виде гистограммы расстояний до точки предметной плоскости, которая, по мнению экспериментатора, располагается посередине высоты линии горизонта над прямой линией, проходящей через следы его ног.

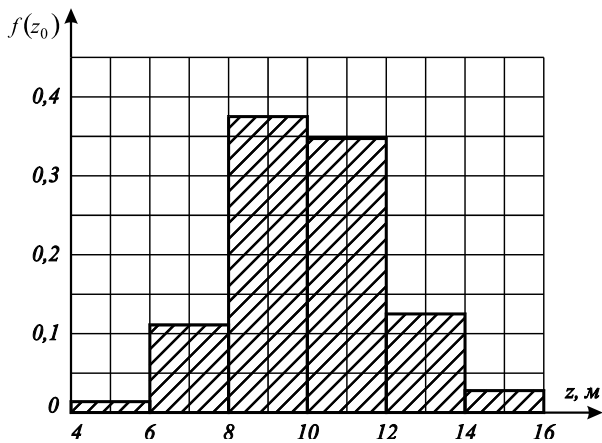


Рис. 4. Гистограмма расстояний до точки предметной плоскости, которая кажется расположенной посередине высоты линии горизонта

Выберем из интервала 8,0...12,0 м значение расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, которое можно рекомендовать для построения перспективы, близкой зрительному восприятию. Представим на рис. 5 результаты эксперимента по измерению видимого размера предмета. Эксперимент состоял в определении видимого размера предмета посредством измерения угла расхождения между зрительными образами прямых линий, которые в действительности являются параллельными [7]. Сравним результаты эксперимента с графиками зависимости центральной проекции предмета от расстояния между центром проецирования и картинной плоскостью: а) графиком, полученным для расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, равного 4 м; б) графиком, полученным для расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, равного 8 м; в) графиком, полученным для расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, равного 16 м. Сравнение показывает, что график зависимости центральной проекции предмета от его расстояния до наблюдателя, соответствующий расстоянию от центра проецирования до картинной плоскости, равному 8 м, находится в достаточной близости к кривой линии, которая аппроксимирует экспериментальные данные.

Рассмотрим рис. 6, на котором представлены экспериментальные данные о скорости изменения видимого размера предмета, которые были получены при обработке результатов эксперимента, приведенных в работе [7]. Сравним экспериментальные данные с графиками зависимости скорости изменения центральной проекции предмета от расстояния между центром проецирования и картинной плоскостью: а) графиком, полученным для расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, равного 4 м; б) графиком, полученным для расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, равного 8 м; в) графиком, полученным для расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, равного

16 м. Сравнение показывает, что график зависимости скорости, с которой изменяется центральная проекция предмета от его расстояния до наблюдателя, для расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, равного 8 м, находится в достаточной близости к кривой линии, аппроксимирующей экспериментальные данные.

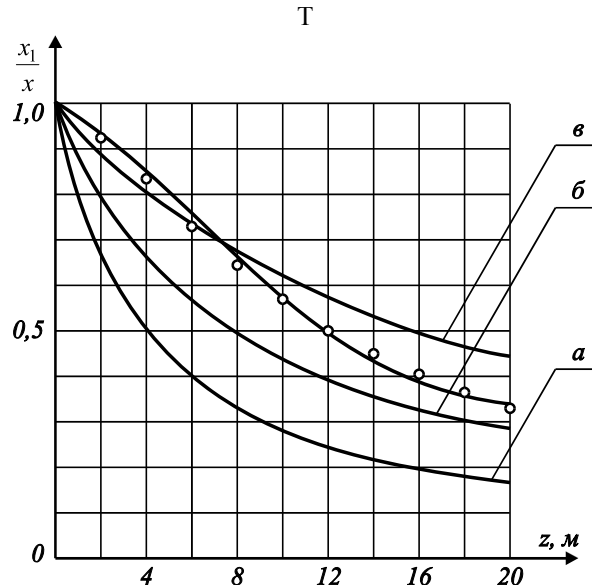


Рис. 5. Результаты опыта по измерению видимого размера предмета и графики зависимости проекции предмета от расстояния между центром проецирования и картинной плоскостью: а) равного 4 м; б) равного 8 м; в) равного 16 м

Таким образом, чтобы построить перспективу, близкую зрительному восприятию от созерцания природы, необходимо в аппарате центрального проецирования удалить центр проецирования от картинной плоскости на расстояние, равное 8 м.

Обратим внимание, что в модели человеческого зрения, предложенной Филиппо Брунеллески, не оговаривается, на какое расстояние от глаза художника необходимо удалить картинную плоскость и на каком расстоянии от картинной плоскости необходимо расположить предмет, подлежащий изображению. По-видимому, Филиппо Брунеллески вдохновляла мысль о том, что сечения «зрительной пирамиды» плоскостями, отстоящими от глаза человека на различные расстояния, отличаются друг от друга только масштабом изображения. Филиппо Брунеллески и его современники были в таком восхищении от «зрительной пирамиды», что без каких-либо рассуждений отвергали постановку задачи о том, как положение секущей плоскости может сказаться на ощущении глубины пространства при созерцании перспективы.

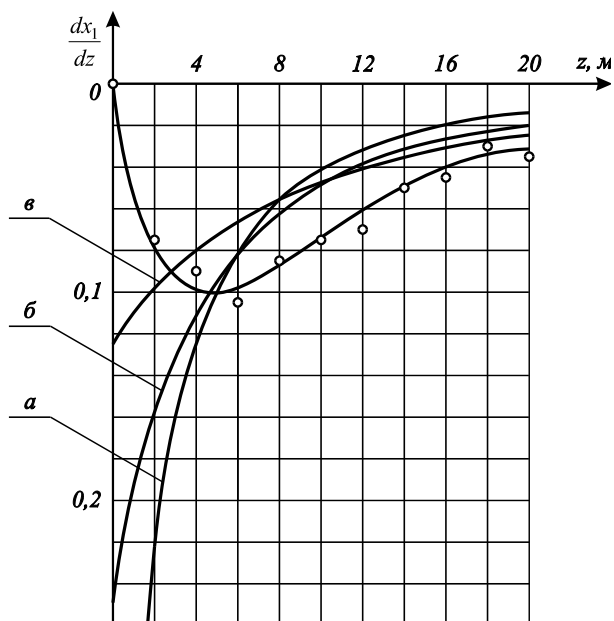


Рис. 6. Результаты опыта по оценке скорости изменения видимого размера предмета и графики зависимости скорости перспективных сокращений от расстояния между центром проецирования и картинной плоскостью: а) равного 4 м; б) равного 8 м; в) равного 16 м

Рассмотрим теперь результаты реставрации главных элементов построения перспективы в полиптихе Святого Антония кисти Пьеро делла Франческа и на фреске Мазаччо «Троица». Реконструкция аппарата центрального проецирования показала, что в сцене «Благовещение» полиптиха Святого Антония кисти Пьеро делла Франческа пространственные построения были выполнены при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости составляло 8 м [4], а в фреске Мазаччо «Троица» – при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости составляло 6 м [5]. С одной стороны, результаты реставрации главных элементов построения перспективы с достаточной точностью согласуются с результатами эксперимента, согласно которым для построения перспективы, близкой зрительному восприятию, расстояние от центра проецирования до картинной плоскости должно равняться приблизительно 8 м [6]. С другой стороны, мы испытали глубокое разочарование, когда вопреки ожиданиям не обнаружили в экспериментальных данных, полученных при исследовании пространственных построений в творениях мастеров эпохи Возрождения, никакой закономерности.

Спустя некоторое время мы обратили внимание, что если взять отношение расстояния от картинной плоскости до центра проецирования  $S$  к его высоте  $H$ , то в полиптихе Пьеро делла Франческа расстояние от картинной плоскости до центра проецирования больше его высоты в 4,0 раза, в фреске Мазаччо – в 3,53 раза, а в проведенном нами эксперименте по определению условий, при

которых перспектива приближается к зрительному восприятию, – в 4,7 раза, то есть получаются числа, близкие 4. В учебнике В. Е. Петерсона приведено правило, согласно которому «перспективное изображение на плоскости картины, в наибольшей степени близкое зрительному восприятию, получается только тогда, когда оно заключается в пределах угла  $28^\circ$ . Практически для удобства построений обычно принимается угол  $28^\circ 4'$  – угол при вершине равнобедренного треугольника с основанием, вдвое меньшим высоты» [2, с. 33]. Следовательно, угол  $14^\circ 2'$ , то есть половина угла  $28^\circ 4'$ , соответствует вершине прямоугольного треугольника, в котором один катет больше другого катета в 4 раза.

Представим прямоугольный треугольник, в котором длина большего катета равна расстоянию от картинной плоскости до центра проецирования, а длина меньшего катета – его высоте. Если углу при вершине, совпадающей с центром проецирования, присвоить значение, равное  $14^\circ 2'$ , то расстояние от картинной плоскости до центра проецирования будет больше его высоты в 4,0 раза, то есть получим соотношение между расстоянием от картинной плоскости до центра проецирования и его высотой, близкое к числу, которое было выявлено при реконструкции аппарата центрального проецирования в полиптихе Пьеро делла Франческа и фреске Мазаччо «Троица».

Предположим, что центр проецирования должен отстоять от картинной плоскости на расстояние, при котором высота точки зрения вписывается в угол  $14^\circ 2'$  между главным лучом зрения и прямой, проведенной из центра проецирования в основание главной точки картины. Рассмотрим рис. 2, на котором показана перспектива, построенная при расположении точки зрения в главной точке картины  $P$ , а центра проецирования  $S$  – в точке, отстоящей от картинной плоскости на расстояние, равное 8 м. При этом положение картинной плоскости было выбрано таким образом, чтобы стороны угла, проведенного из главной точки картины и равного  $28^\circ 4'$ , были касательными к изображаемому геометрическому объекту. Поднимем точку зрения на высоту, равную 10 м, а расстояние от центра проецирования до картинной плоскости оставим без изменений. Покажем на рис. 7 построение перспективы при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости не зависит от высоты точки зрения. Теперь закрепим точку зрения на высоте 10 м, а расстояние от центра проецирования до картинной плоскости увеличим до величины, равной 40 м. Покажем на рис. 8 построение перспективы при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости больше высоты точки зрения в 4 раза. Заметим, что перспективы на рис. 7 и рис. 8 были построены способом треугольника нормального видения, разработанным В. Е. Петерсоном [2].

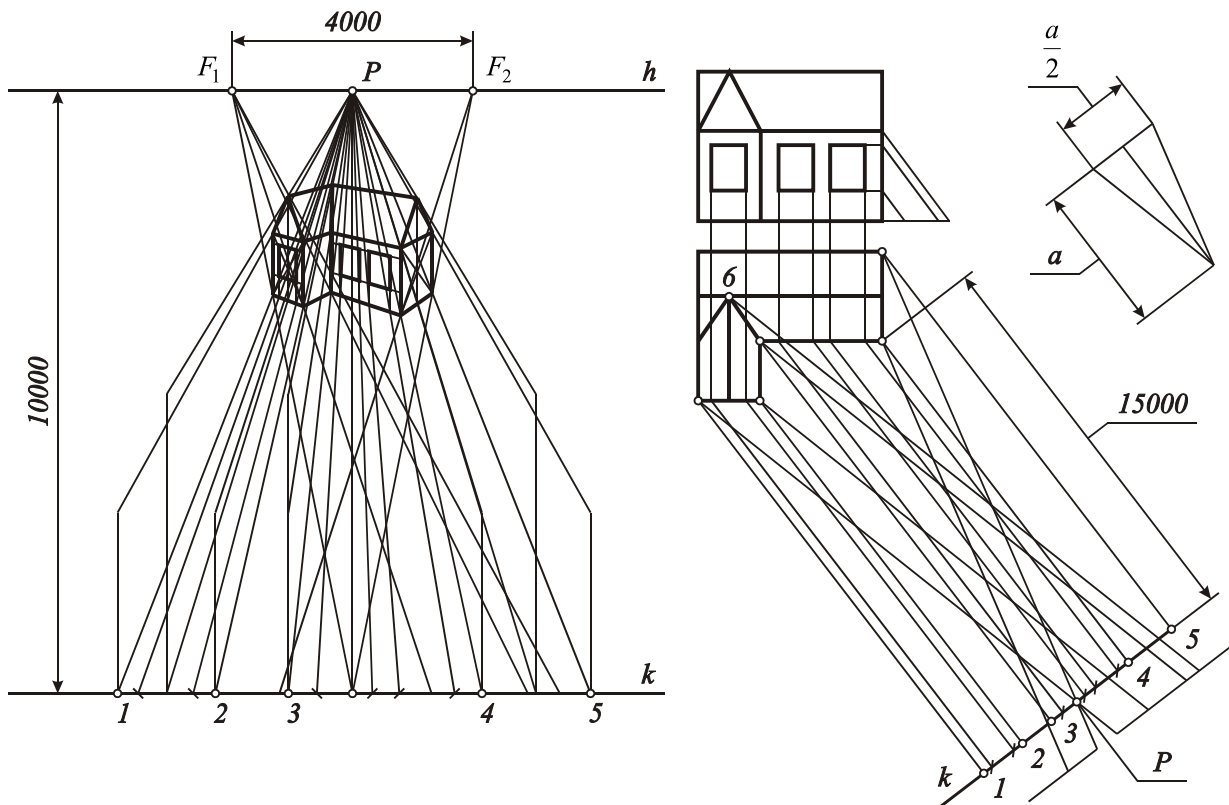


Рис. 7. Перспектива геометрического объекта при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости не зависит от высоты точки зрения

Представим на рис. 9 результаты построения обеих перспектив. Обратим внимание, что на картине, построенной при постоянном расстоянии от центра проецирования до картинной плоскости, с подъёмом высоты точки зрения размеры центральных проекций отрезков прямых линий, перпендикулярных картинной плоскости, увеличиваются, а центральная проекция предмета устремляется к линии горизонта. В то время как на картине, построенной при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости больше высоты точки зрения в 4 раза, с подъёмом высоты точки зрения размеры центральных проекций отрезков прямых линий, перпендикулярных картинной плоскости, уменьшаются, а центральная проекция предмета приближается к основанию картинной плоскости. Это говорит о том, что перспектива, размещённая в правой части рис. 9, является более близкой зрительному восприятию, чем перспектива, представленная в левой части того же рисунка.

Действительно, представим, что мы сидим в корзине воздушного шара и поднимаемся к облакам. Если мы перевесимся через борт и бросим взгляд на землю, то увидим, что с подъёмом на высоту предметы, расположенные на земле, как будто приползают к нашим ногам, а их длина уменьшается. Между тем если мы выполним перспективы

трехмерной сцены при разных высотах точки зрения и постоянстве расстояния от центра проецирования до картинной плоскости, то увидим, что с увеличением высоты точки зрения размеры центральных проекций отрезков прямых линий, перпендикулярных картинной плоскости, увеличиваются, а центральная проекция предмета устремляется к линии горизонта.

Когда-то в работе [8] нами было высказано предположение о том, что с подъёмом высоты точки зрения размеры центральных проекций отрезков прямых линий, перпендикулярных картинной плоскости, остаются без изменений, если расстояние от центра проецирования до картинной плоскости увеличивается прямо пропорционально высоте точки зрения, но не было сказано, каким должен быть коэффициент пропорциональности. Теперь мы можем дать формулировку следующего правила построения перспективы, более близкой зрительному восприятию, чем перспектива, построенная по правилам, изложенным в трудах мастеров эпохи Возрождения:

(3) чтобы перспектива лучше передавала глубину пространства, расположите центр проецирования в точке, удалённой от картинной плоскости на расстояние, вчетверо превышающее высоту точки зрения.

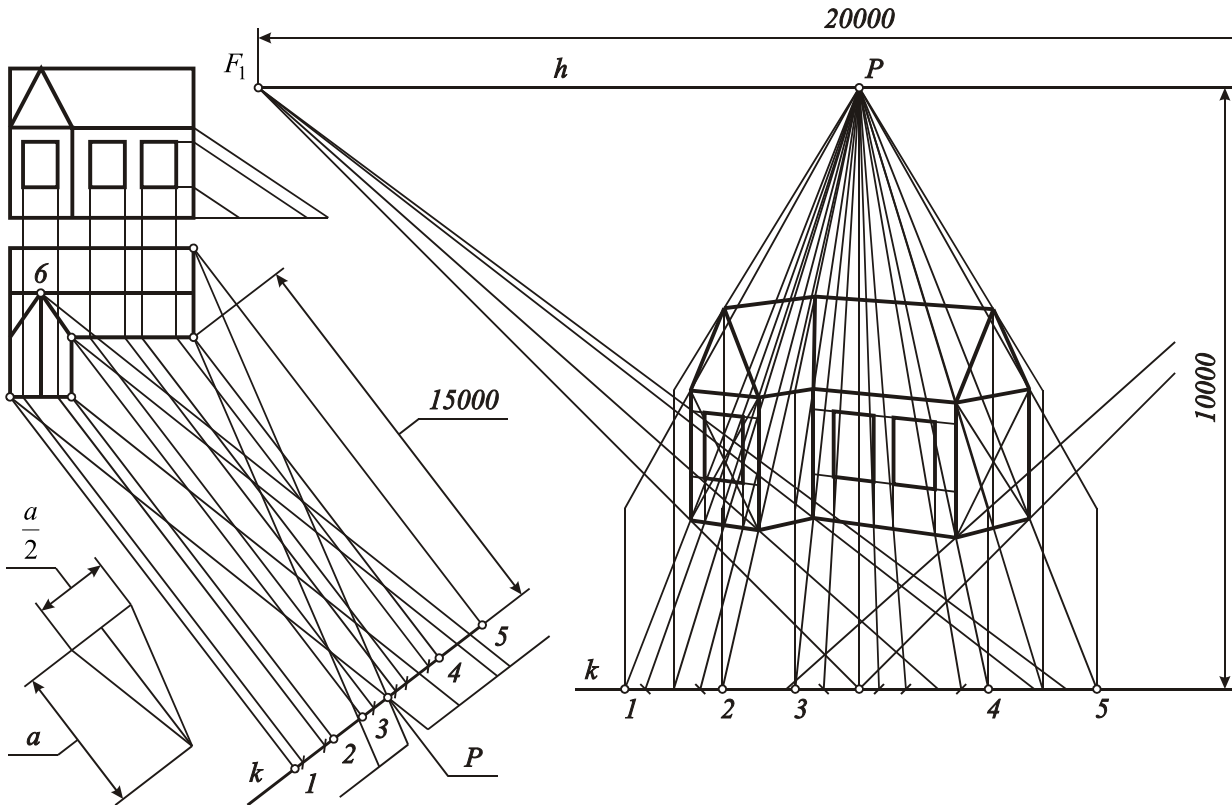
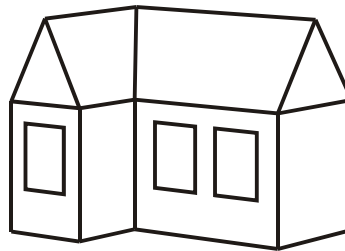


Рис. 8. Перспектива геометрического объекта при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости больше высоты точки зрения в 4 раза



а)

б)

Рис. 9. Перспективы объекта при условии, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости: а) не зависит от высоты точки зрения; б) больше высоты точки зрения в 4 раза

Мы не зря в определении правила № 3 упомянули глубину пространства. Это обусловлено тем, что перспектива является результатом преобразования трёхмерного пространства в двумерную плоскость, и поэтому передать на плоскости зрительный образ пространства и вложенных в него предметов без потери

информации об их форме и взаимном положении не представляется возможным. Отсюда следует, что если мы выигрываем в точности передачи ширины и высоты предмета, то проигрываем в передаче его длины, и наоборот, чем точнее мы передаём глубину пространства, тем с большими нарушениями зрительного восприятия отображаем ширину и

высоту предмета [9]. Действительно, если картина, показанная в правой части рис. 9, лучше передаёт глубину пространства, то картина, расположенная в его левой части, более точно воспроизводит размеры геометрического объекта по ширине и высоте. Однако мастера эпохи Возрождения для того и создавали перспективу, чтобы в полном соответствии с картиной, которую человек видит из окна, передать на плоскости картины как раз глубину пространства, – поэтому из двух вариантов перспективы мы предпочитаем тот, который с наибольшей достоверностью передаёт величину предмета, измеренную в направлении, перпендикулярном картинной плоскости.

Заметим, что в учебниках, в которых излагается теория перспективы, при построении центральных проекций с низкой или высокой точек зрения рекомендуется пользоваться перспективой на наклонной плоскости [1]. Однако перспектива на наклонной плоскости с помощью искусственно введенных линейных искажений передаёт изменение видимой ширины предмета в зависимости от высоты точки зрения, но задачу о передаче глубины пространства с подъёмом точки зрения перспектива на наклонной плоскости не решает. Это, прежде всего, объясняется тем, что рекомендации о построении перспективы на наклонной плоскости даются в предположении, что расстояние от центра проецирования до картинной плоскости является постоянным и не зависящим от изменения высоты точки зрения.

#### Выводы

Таким образом, нами предложены три правила выбора главных элементов построения перспективы: правило выбора точки зрения, правило выбора положения изображаемого предмета по отношению к картинной плоскости и правило выбора расстояния от центра проецирования до картинной плоскости. Показано, что применение этих правил обеспечивает построение перспективы, более близкой зрительному восприятию, чем перспектива, построенная по правилам, изложенным в

классических трудах по теории перспективы. Впрочем, полученные выводы не означают, что работа над усовершенствованием аппарата центрального проецирования может быть прекращена, – это обусловлено тем, что нельзя достичь совершенства ни в одной отрасли знаний.

#### Литература

1. Климухин А. Г. Начертательная геометрия [Текст]. – М.: Стройиздат, 1978. – 334 с.
2. Петерсон В. Е. Перспектива [Текст]. – М.: Искусство, 1970. – 182 с.
3. Тадеев В. А. От живописи к проективной геометрии [Текст]. – К.: Вища школа, 1988. – 232 с.
4. Ницын А. Ю. Реконструкция аппарата центрального проецирования в полиптихе Святого Антония кисти Пьеро делла Франческа [Текст] / Технічна естетика і дизайн. – К.: Віпол, 2013. – Вип. 12. – С. 148–162.
5. Ницын А. Ю. Реставрация главных элементов построения перспективы на фреске «Троица» кисти Мазаччо [Текст] / Теорія та практика дизайну. – К.: Вид-во «Дія», 2014. – Вип. 6. Технічна естетика. – С. 127–138.
6. Ницын А. Ю. Результаты эксперимента по определению расстояния от центра проецирования до картинной плоскости [Текст] / Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ, 2006. – Вип. 15. – С. 91–94.
7. Ницын А. Ю. Результаты опыта по изучению зависимости зрительно воспринимаемого размера предмета от расстояния до наблюдателя [Текст] / Труды Таврической государств. агротехнической академии. – Мелитополь: ТГАТА, 1999. – Вип. 4. Прикладная геометрия и инженерная графика. – Т. 7. – С. 68–70.
8. Ницын А. Ю. Перспектива перспективы [Текст] / Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Х.: ХДУХТ, 2008. – Вип. 21. – С. 38–58.
9. Раушенбах Б. В. Системы перспективы в изобразительном искусстве: общая теория перспективы [Текст]. – М.: Наука, 1986. – 254 с.

## THE RULES OF THE CHOICE OF MAIN ELEMENTS OF CONSTRUCTION OF PERSPECTIVE

**Summary:** The choice of main elements of construction of perspective is considered. Demonstrations of assertions that for the construction of perspective, closed to the visual perception, a point of view must be in the main point of picture, represented object – within the limits of angle of normal vision with a vertex in the point of view and the center of projection must lie in a point, remote from a picture plane on distance, fourfold exceeding the height of point of view, are furnished.

**Keywords:** visual perception, linear perspective, main elements of construction of perspective.

## ИНФРАСТРУКТУРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Сергей Федоркин, Наталья Цопа

Академия строительства и архитектуры, г. Симферополь, ул. Киевская, 181

E-mail: Natasha-ts@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрены существующие подходы к толкованию термина «инфраструктура», на основании чего уточнена сущность понятия «инфраструктурное обеспечение строительного комплекса». Проведена оценка современного состояния строительного комплекса Республики Крым и выявлены его основные проблемы. Разработан и апробирован теоретико-методический инструментарий оценки уровня инфраструктурного обеспечения предприятий строительного комплекса.

**Ключевые слова:** строительный комплекс, строительные материалы, инфраструктурное обеспечение, теоретико-методический инструментарий.

### Введение

В настоящее время актуализируются научно-прикладные исследования, посвященные проблемам формирования и развития инфраструктурного обеспечения строительного комплекса как детерминанты региональной конкурентоспособности и одного из условий реализации воспроизводственных процессов. Развитие строительного комплекса региона требует структуризации логистических потоков, диверсификации форм производства, генерирования инвестиционных проектов, создания замкнутых циклов высокотехнологичных производств, что возможно при условии формирования эффективного инфраструктурного обеспечения в этой сфере.

### Анализ публикаций, материалов, методов

Многоаспектность проблем инфраструктурного обеспечения как сложной и полисистемной социально-экономической категории обуславливает дискуссию среди представителей различных направлений научной мысли относительно его видового состава, функций и роли. Фундаментальные основы дефиниции «инфраструктура» сформированы А. Маршалом, П. Розенштейн-Роданом, А. Смитом, А. Хиршманом, В. Базилевичем, В. Жаминым, В. Красовским и др. [3, 4, 5, 6, 12].

При этом, традиционным в исследовании инфраструктуры является отраслевой подход, позволяющий выявить взаимозависимость между состоянием производственной инфраструктуры и результатами основного производства строительного комплекса. Принимая во внимание необходимость осуществления процессов модернизации производственной и социальной инфраструктуры, требуют совершенствования научно-методические основы развития инфраструктурного обеспечения с учетом региональных особенностей организации экономической деятельности в строительном комплексе. Таким образом, актуальность данного исследования обусловила необходимость научного обоснования развития инфраструктурного обеспечения строительного комплекса, учитывая

специфику и особенности его функционирования в регионе.

### Цель и постановка задачи исследований

Целью данной работы является исследование инфраструктурного обеспечения строительного комплекса, на примере республики Крым, совершенствование теоретико-методических подходов и практических рекомендаций к развитию инфраструктурного обеспечения в данной сфере.

В рамках поставленной цели решены следующие задачи:

- уточнена сущность понятий «инфраструктурное обеспечение строительного комплекса»;
- проведена оценка современного состояния строительного комплекса Республики Крым;
- рассмотрены научные подходы к оценке уровня инфраструктурного обеспечения;
- предложен и апробирован авторский подход к оценке инфраструктурного обеспечения предприятий строительного комплекса Республики Крым.

### Основной раздел с результатами и их анализом

В современных условиях хозяйствования, с учётом мировых тенденций, возрастает роль развития тех видов деятельности, которые связаны с инфраструктурным обеспечением. Основная цель функционирования инфраструктуры состоит в создании условий для развития основных видов экономической деятельности, что, в свою очередь, выступает необходимым условием специализации и комплексного развития регионов.

Дискуссии об инфраструктуре нередко сосредотачиваются лишь на развитии транспортных систем. Однако для долговременного экономического роста требуются крупные инфраструктурные инвестиции в самые разные отрасли как производственной, так и социальной сферы. Например, Китай начиная с 2000-х годов инвестирует в инфраструктуру 8-10% ВВП, Индия – 4-6%, Россия около 1-2% [1].

Инвестиции в инфраструктуру рассматриваются в качестве важнейшего инструмента создания условий для экономического

развития и новых рабочих мест, особенно на фоне избыточных мощностей в обрабатывающей промышленности. Инвестиции в инфраструктуру являются способом перераспределения ресурсов и рабочей силы из стагнирующих секторов экономики в отрасли, которые способны обеспечить долгосрочный экономический рост как на уровне региона, так и в целом по стране. Согласно расчетам зарубежных экономистов государственные капиталовложения в инфраструктуру стимулируют частные инвестиции: каждый доллар, потраченный на инфраструктурные проекты, вызывает мультипликационный эффект в размере 1,59 долл. Кроме того, данный эффект распространяется на все виды деятельности вследствие сокращения издержек – транспортных, коммуникационных, энерго- и водоснабжения. По некоторым расчетам, даже в США прямые и косвенные потери экономики вследствие роста логистических издержек возросли с 8,6% ВВП в 2003 г. до 10% в 2009 г. [1].

Это требует реализации проектов развития инфраструктуры транспортного и инженерного комплекса, энергокомплекса, строительного комплекса. Реализация проектов развития инфраструктуры этих отраслей будет содействовать привлечению частных инвестиций в экономику региона, повлияет на показатели эффективности производственной деятельности, приведет к созданию новых рабочих мест, позволит достичь экономического роста в регионе, что, в конечном итоге, позволит решить основные проблемы повышения жизнеобеспечения населения.

Актуальность данной проблематики, а также высокий динамизм внешней среды, усиление конкуренции, повышение транспортной составляющей в себестоимости строительной продукции, высокие темпы роста урбанизации, обусловили необходимость развития научных основ формирования и дальнейшего развития инфраструктурного обеспечения как научной категории. Поэтому возникает необходимость рассмотрения содержания инфраструктурного обеспечения региона.

Сложность в изучении проблем, связанных с инфраструктурой обусловлена, прежде всего, различной трактовкой данного понятия. Однако прежде, чем перейти к более подробному рассмотрению процесса функционирования инфраструктурного обеспечения строительного комплекса, необходимо уточнить само понятие «инфраструктурное обеспечение».

Впервые к исследованию «инфраструктуры» обратились в начале XIX века, в связи с повышением роли общих условий производства и развития производительных сил.

В своем этимологическом значении «инфраструктура» происходит от латинского *infra* – ниже, под; *structura* – строение, расположение [2, с. 187].

Первоначально понятие «инфраструктура» не выделялось в отдельную категорию, а лишь определяло широкий круг объектов различного предназначения. Одним из первых исследований в теории инфраструктуры был труд известного английского экономиста А. Маршала «Принципы экономики» (1910). В работе американского экономиста Дж. Кларка «Экономика социальных расходов» (1923), было отражено, что общественные расходы на создание товаров значительно выше, чем расходы отдельных предпринимателей на производство данных товаров. Разницу между расходами отдельных предпринимателей Кларк назвал «общественным накладным капиталом» или «социальным накладным капиталом», а эффект его присвоения – «внешней экономикой» [3, с. 17]. А. Смит в научной работе «Исследование о природе и причинах богатства народов», относил к обязанностям государства «создание и содержание определенных общественных сооружений и учреждений, которые не могут быть выгодными только отдельным лицам или небольшим их группам, потому что прибыль от них не сможет никогда возместить издержки отдельному лицу, хотя и может, часто с излишком, возместить их большому обществу, в этом заинтересовано все общество» [4]. К общественным работам (что в современном понимании означает инфраструктурные отрасли), по мнению Смита, относились: строительство дорог, мостов, судоходных каналов, гаваней, развитие системы образования молодежи, правосудие, церковь. При этом он считал, что большая часть расходов на общественные работы должна оплачиваться соответствующими взносами пользователей этих общественных работ, а меньшая – из местного и центрального бюджетов.

Введение в научное обращение понятия «инфраструктура», исследования ее сущности, структуры, методов анализа появились в зарубежной науке в конце 60-х – в начале 70-х годов XX века. Считается, что понятие «инфраструктура» ввел в оборот американский экономист П. Розенштейн-Родан, который в 1955 г. впервые употребил понятие как экономический термин и понимал под инфраструктурой комплекс общих условий, обеспечивающих благоприятное развитие частного предпринимательства в основных отраслях экономики и удовлетворяющих потребности всего населения [3, с. 69]. К числу первых определений инфраструктуры относится также определение А. Хиршмана, который под инфраструктурой (общественным накладным капиталом) понимал разнообразные общественные институты (общественные услуги или блага), такие как суд, охрану общественного порядка, воспитание, охрану здоровья, связь, транспорт и тому подобное, а также мощности, без которых невозможное функционирование производственных сфер хозяйства [6, с. 82; 165].

Из этого можно сделать вывод, что уже в то время ученые видели различия в развитии основных и вспомогательных отраслей, которые создают для первых благоприятные условия функционирования. Вследствие этого появилась объективная необходимость в объединении и выделении этих обслуживающих отраслей в понятие инфраструктуры. Однако, на наш взгляд, инфраструктура выступает не как совокупность общественных институтов, а как категория создаваемая человеком и является, в первую очередь, социально-экономической категорией. В толковании инфраструктуры можно выделить общие черты, где она выступает как элемент капитала и богатства. Таким образом, инфраструктура создает «внешний эффект» или «внешнюю экономию», которая достигается за счет использования ее объектов.

Активное изучение инфраструктуры, ее частей, звеньев и объектов, происходило в 70-80 гг. XX в. в научных центрах Советского Союза. Данная школа представлена работами таких ученых как В. Н. Лившиц [7], В. Г. Терентьев [8], Г. М. Меркина [9], Т. Д. Белкина [3] и др. Некоторые ученые, на базе Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований, изучали инфраструктуру, ее функционально-компонентный, отраслевой, территориальный состав, разрабатывали методические подходы к анализу и прогнозированию ее отраслей и т.п. Категории «производственно-инфраструктурные комплексы», «производственная инфраструктура региона» появились на свет и получили освещение в рамках этой теоретической школы.

Коллектив авторов в научной работе [10] определили зависимость влияния высокоразвитой инфраструктуры на эффективность производства, а также установили, что инфраструктура создает все предпосылки для обеспечения высокого жизненного уровня населения регионов. Однако вопросы количественного влияния уровня формирования инфраструктуры на экономические показатели развития основных видов деятельности не были исследованы в полной мере.

Интерес вызывают работы ученых, в которых инфраструктура рассматривается в рамках регионального подхода. В работе В. К. Мамутова инфраструктура рассмотрена как «совокупность территориальных функциональных систем, каждая из которых имеет совокупность предприятий, объектов и организаций, которые характеризуются использованием средств труда, ориентированных на обслуживание производственных отраслей и населения» [11, с. 89]. Основная идея данного подхода позволяет рассматривать инфраструктуру как единую целостную систему на региональном или общехозяйственном уровне. Такие ученые, как В. Д. Базилевич [12], И. В. Сорока [13], развивая эту точку зрения, рассматривают инфраструктуру в рамках системного подхода, определяя ее как совокупность материально-технических систем

(объектов), обеспечивающих выполнение основных функций в различных сферах и отраслях деятельности.

В настоящее время термин инфраструктура используется в экономике, политике, социологии, а также во многих технических дисциплинах. Общим признаком большинства определений инфраструктуры во всех областях является то, что это комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования системы [2, с. 187]. Некоторые авторы (В.Я. Горфинкель, В.А. Швандар [14], С.Ф. Покропивный [15] и др.), определяя инфраструктуру в целом, рассматривают ее не только на мезоуровне, но и на микроуровне в контексте предприятия (организации). Понятие «инфраструктура отрасли» стало развиваться позже, однако до сих пор так и не имеет однозначного толкования. На наш взгляд, под инфраструктурой отрасли следует понимать совокупность производств вспомогательного и обслуживающего назначения, которые обеспечивают создание нормальных условий работы основного производства в отрасли. Применительно же к строительной отрасли под инфраструктурой строительной отрасли будем понимать комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования строительного комплекса.

Понятие «строительный комплекс» пришло на смену термина «строительная отрасль». Как отмечает проф. Асаул А.Н., строительный комплекс больше соответствует современному пониманию объекта управления и «представляет собой совокупность отраслей, производств и организаций, характеризующуюся тесными устойчивыми экономическими, организационными, техническими и технологическими связями в получении конечного результата – обеспечении производства основных фондов народного хозяйства» [16]. Строительный комплекс осуществляет весь цикл работ по созданию строительных объектов - от проектирования до ввода их в действие с необходимой для этого строительной базой и производством специальных видов материальных ресурсов.

Строительный комплекс включает в себя составные подсистемы: строительную, научно-исследовательскую и проектно-испытательную. Основу строительного комплекса составляет строительная подсистема (СП), которая охватывает предприятия строительного комплекса. В состав строительного комплекса входят строительство (строительное производство), промышленность строительных материалов (включая производство строительного стекла и санитарно-технического оборудования), промышленность строительных конструкций (сборный железобетон, конструкции из металла и дерева). Строительное производство представлено подрядными строительными-монтажными

организациями. Развитие и углубление специализации строительного производства, последовательная его индустриализация приводят к разделению строительства на подотрасли и формированию соответствующих организационно обособленных систем подрядного строительства (транспортное, трубопроводное, сельскохозяйственно-ственное, водохозяйственное, энергетическое строительство). Непосредственно строительство, или строительная индустрия, - крупная отрасль экономики, которая наряду с машиностроением обеспечивает создание и ускоренное обновление основных фондов. На его долю приходится свыше 70% стоимости продукции и численности занятых, до 50% стоимости основных фондов строительного комплекса.

Строительный комплекс России представляет собой развитую систему строительных производств, дифференцированных по отраслям, подотраслям и отдельным предприятиям. К основным отраслям комплекса относят: цементную промышленность, промышленность асбестоцементных изделий, промышленность мягких кровельных и гидроизоляционных материалов, промышленность сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий, промышленность стеновых материалов, производство строительного кирпича и керамической черепицы, промышленность строительной керамики, промышленность нерудных строительных материалов, щебня, гравия, строительного песка, промышленность теплоизоляционных материалов, асбестовую промышленность и др.

Научно-исследовательская и проектно-изыскательная подсистема (НИПИП) состоит из научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций, а также проектно-изыскательных институтов.

Рассмотрим более подробно показатели функционирования строительного комплекса республики Крым (табл. 1).

На региональном уровне обобщающим показателем, характеризующим уровень развития и функционирования отраслей народного хозяйства, является валовой региональный продукт. Валовой региональный продукт в рыночных ценах определяется как сумма валовой добавленной стоимости всех видов экономической деятельности в основных ценах, включая чистые налоги на продукты. В течении 2010-2013 гг. валовой региональный продукт Крыма увеличился с 32,4 млрд. грн. до 46,4 млрд. грн., что является положительной тенденцией, несмотря на инфляционные процессы.

Основным показателем развития строительного комплекса является объем выполненных строительно-монтажных работ, который незначительно вырос с 1,9 млрд. грн. в 2010 году до 2,17 млрд. грн. в 2013 году. Увеличился объем инвестиций в материальные

активы с 6,9 млрд. грн. в 2010 году до 15,4 млрд. грн. в 2013 году. Индекс инвестиций в основной капитал достигал максимального значения в 2011 году и составил 219,1%, по отношению к предыдущему году, однако в 2013 году его значение составило лишь 84,3%. Индекс капитальных инвестиций по годам изменялся неравномерно, так в 2011 году его значение составляло лишь 89,9%, а в 2012 году уже 135%, но в 2013 году он вновь снизился и составил 127,1%. Значительно снизился индекс строительной продукции по видам, за анализируемый период его значение ежегодно было меньше 100%. Аналогичная тенденция наблюдалась и по объемам выполнения строительных работ, индекс значения которого также был ниже 100%. Ежегодно наблюдается в строительном комплексе снижение численности занятых. Так в 2011 году их было 17,6 тыс. человек, а к 2013 году их численность сократилась до 12,4 тыс. человек. Негативно можно охарактеризовать снижение численности научно-исследовательских организаций Крыма с 44 до 33 в 2013 году.

Анализ динамики функционирования строительного комплекса республики Крым показал, что в целом он функционирует не стабильно. Объемы выполнения строительно-монтажных работ за четыре года практически не изменяются, капитальные инвестиции в материальные активы ежегодно уменьшаются, сокращается численность занятых работников в строительстве и число проектных организаций. При этом следует отметить, что Республика Крым обладает хорошо развитой сырьевой базой строительных материалов для стабильного функционирования и развития строительного комплекса. Более детально минерально-сырьевые базы строительных материалов Крыма представлены в таблице 2.

В целом, на территории Республики Крым насчитывается 327 месторождений и 40 объектов учета (с учетом комплексности – 367) различных видов полезных ископаемых, из которых 180 месторождений и 16 объектов учета эксплуатируются (всего 196). Минерально-сырьевая база республики Крым состоит из полезных ископаемых топливно-энергетического комплекса (нефть, газ, газоконденсат); сырья для производства строительных материалов; горно-химических полезных ископаемых, руд черных металлов, нерудных полезных ископаемых для металлургии; воды питьевой и технической, минеральной и термальной. На территории Крыма насчитывается 158 месторождений и 13 объектов учета, из которых 85 месторождений и 10 объектов учета находятся в промышленной разработке, разведаны 100 месторождений пильных известняков с общими запасами 330,0 млн. м<sup>3</sup> по промышленным категориям А+В+С<sub>1</sub> (что составляло 31,9% от общих запасов в Украине). В 2015 году в промышленной разработке республики Крым находится 55 месторождений.

Таблица 1.

Динамика показателей функционирования строительного комплекса Крыма за 2010-2013 гг.

Показатели	2010	2011	2012	2013
Валовый региональный продукт, млн. грн.	32426	38220	44536	46393
Объем выполненных строительно-монтажных работ, млн. грн.	1908,68	2197,812	2138,766	2173,867
в том числе				
- здания	721177	897764	798996	801396
- инженерные сооружения	1187503	1300048	1339770	1372471
Капитальные инвестиции в материальные активы млн. грн.	6926,487	16911,17	18331,578	15453,094
- жилые здания	6877,082	16868,303	18200,486	15360,737
- нежилые здания	1481,095	1817,014	1709,560	2147,908
- инженерные сооружения	1521,099	9485,322	3282,025	6719,172
- машины, оборудование и инвентарь	943,231	1218,021	8680,711	1667,828
- транспортные средства	348,551	1845,962	1116,886	321,138
- земля	109,704	40,813	11,279	118,037
Индексы инвестиций в основной капитал	117,2	219,1	108,4	84,3
Индекс капитальных инвестиций в строительстве	120,0	89,9	135	127,1
Индекс строительной продукции по видам	н.д.	96,4	86,7	97,4
в том числе				
- здания	н.д.	105,0	79,2	95,5
- инженерные сооружения	н.д.	91,1	92,1	98,5
Индекс объемов выполненных строительных работ	81,8	96,2	85,6	97,4
Численность занятых в строительстве, чел.	н.д.	17625	15593	12457
Количество организаций, которые выполняют научные исследования и разработки	44	41	36	33

Территориальное распределение промышленного потенциала в республике неравномерно, что обусловлено, в основном, различиями в обеспеченности ресурсами. Предприятия промышленности строительных материалов Крыма сконцентрированы в городах Симферополь, Армянск, Красноперекоск, Керчь, Феодосия, Евпатория, а также Бахчисарайском и Красногвардейском районах.

В Республике Крым балансом запасов полезных ископаемых учитывается: «Камень строительный» – 29 объектов учета (23 месторождения и 6 объектов) с общими запасами 154128,381 тыс. м<sup>3</sup> по категориям А+В+С<sub>1</sub> (1,61% от запасов в Украине). В промышленной разработке находится 18 объектов учета (14 месторождений и 4 объекта). «Камень облицовочный» представлен 2 месторождениями известняков (Белинское, Бююк-Янкойское), которые в настоящее время не эксплуатируются.

Также на балансе Республики учтено 9 месторождений песка строительного с общими запасами 25789,04 тыс. м<sup>3</sup> по категориям А+В+С<sub>1</sub>, из которых 6 месторождений разрабатываются. Из 11 месторождений и 1 объекта учета кирпично-

черепичного сырья, учтенных балансом полезных ископаемых республики, в промышленной разработке находится 5 месторождений.

Анализ минерально-сырьевой базы Республики Крым свидетельствует о том, что на сегодняшний день не в полной мере обеспечиваются потребности строительного комплекса в сырье для производства искусственного строительного камня, декоративно-облицовочных материалов и в строительных песках.

Запасы декоративно-облицовочного и строительного камня могут быть значительно увеличены за счет разведки перспективных площадей. Перспективы выявления в Крыму месторождений песка строительного весьма незначительны, в связи с чем он и в дальнейшем будет завозиться из близлежащих регионов Российской Федерации. Неравномерная обеспеченность территории Крыма стеновыми материалами (камень пильный) и кирпично-черепичным сырьем также требует проведения геологоразведочных работ на перспективных площадях и участках.

Таблица 2.  
 Минерально-сырьевые базы строительных материалов Крыма, тыс. т. [17]

Виды минерального сырья	Количество разведанных месторождений		Балансовые запасы на 01.01.2008 г.				Обеспеченность запасами, годы
	всего	разрабатываемые	всего		разрабатываемые		
			A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
1. Цементное сырье	3	1	164513,2	-	162416,0	-	больше 100
Мергель глинистый	2	1	160499,5	-	160499,5	-	больше 100
Суглинок	1	-	3333,7	-	1916,5	-	12
2. Мергель строительный	2	1	1336,1	-	655,1	-	больше 100
3. Известняк для производства извести	2/4	4	66830,2	-	54484,2	-	76
4. Гипс	1	-	2123	-	-	-	незначительные
5. Сырье стекольное	1	-	727	-	-	-	незначительные
6. Мел строительный	1	1	654,9	-	654,9	-	больше 100
7. Камень строительный, тыс. м <sup>3</sup>	23/4	14/3	151493,2	25419,7	116910,2	11343,7	больше 100
8. Камень пиленный, тыс. м <sup>3</sup>	98	54	338954,1	4924	198463,8	3171	больше 100
9. Сырье керамзитовое, тыс. м <sup>3</sup>	4	1	29384,05	-	824,1	-	больше 100
10. Сырье кирпично-черепичное, тыс. м <sup>3</sup>	11/1	5	33686	2436	11961	-	больше 100
11. Песок строительный, тыс. м <sup>3</sup>	4	2	12675,9	854	10972,5	854	35
12. Песчано-гравиевая смесь, тыс. м <sup>3</sup>	1	1	3259,3	-	3259,3	-	85
13. Камень облицовочный, тыс. м <sup>3</sup>	2	-	3485	81	-	-	незначительные

Если рассматривать более детально динамику разработки карьеров и добычи строительных материалов в Республике Крым, то можно констатировать, что наблюдается снижение объемов добычи по всем видам продукции вплоть до 2012 года (таблица 3). Однако в 2013 году увеличилась добыча известняка, песка природного, а также гальки, гравия, щебня и камня дробленного. По состоянию на 2013 год в Крыму функционирует 43 предприятия из которых добывают камень известняковый – 23; известняк – 5; песок природный – 5; щебень (камень дробленный), гальку и гравий – 16 (рис. 1) [18].

Исходя из общей численности предприятий по добыче минерального строительного сырья, для определения состояния уровня инфраструктурного

обеспечения строительного комплекса, а также для проведения достоверных расчетов рассчитана величина необходимой репрезентативной выборки в размере 6 субъектов хозяйственной деятельности. Для дальнейшего анализа отобраны предприятия по добыче: камня известнякового: командитное общество «Крым-Инвестстрой и Компания», открытое акционерное общество «Сакский завод строительных материалов»; известняка: общество с ограниченной ответственностью «Белогорское карьероуправление»; песка природного: публичное акционерное общество «Шархинский карьер»; щебня (камень дробленного), гальки, гравия: коллективное предприятие «Крымское карьероуправление»; частное акционерное общество «Белогорский завод строительных материалов».

Таблица 3.  
 Добыча строительных материалов в республике Крым [18]

Виды минерального сырья	2010	2011	2012	2013
Камень известняковый, алебастр гипсовый и известняковый, тыс. м <sup>3</sup>	332,7	302,3	247,8	211,4
Известняк, тыс. т	1374,2	1908,2	2208,7	2484
Пески природные, тыс. м <sup>3</sup>	99,6	267,3	121,2	166
Галька, гравий, щебень и камень дробленный, тыс. м <sup>3</sup>	1561,1	1579,0	1380,3	1646,5

Оценка уровня инфраструктурного обеспечения в регионах является предметом активных научных исследований многих отечественных и зарубежных ученых. Например, известный отечественный ученый В. Б. Кондратьев [19], обобщая современные теоретические представления о содержании понятия «инфраструктура», делает вывод о несравнимости разнородных показателей, характеризующих ее составные части: производственную, рыночную и социальную. А значит, о невозможности расчета сводной (интегрированной) оценки развития инфраструктуры и о невозможности ранжирования территорий по уровню инфраструктурного обеспечения. Тем не менее, в работах [20] авторы обосновали возможность интегрированного подхода к оценке инфраструктурного обеспечения, предложив методику расчета сводного индекса, пригодную как для ранжирования стран с различными условиями развития, так и для классификации внутристрановых территорий и регионов. Однако все предложенные методики не учитывают специфику строительного комплекса, а

также не позволяют учесть ряд специфических показателей по оценке инфраструктурного обеспечения.

Инфраструктурное обеспечение строительного комплекса включает в себя транспортное, коммерческое и складское обеспечение товарного потока. Предлагаемый далее методический подход представляет собой попытку соединить в одном интегральном индексе все три составляющие инфраструктурного обеспечения товарного потока. На первом этапе оценки рассчитываются частные показатели индекса инфраструктурного обеспечения ( $I_{ИО}$ ): транспортное, коммерческое и складское обеспечение товарного потока:  $I_{тр}$ ,  $I_{ком}$  и  $I_{скл}$  соответственно. По частным показателям также определена значимость компонент, путем установления коэффициентов значимости, определенных экспертным методом по результатам анкетного опроса специалистов, руководителей предприятий строительного комплекса и работников органов государственной власти в строительной сфере.

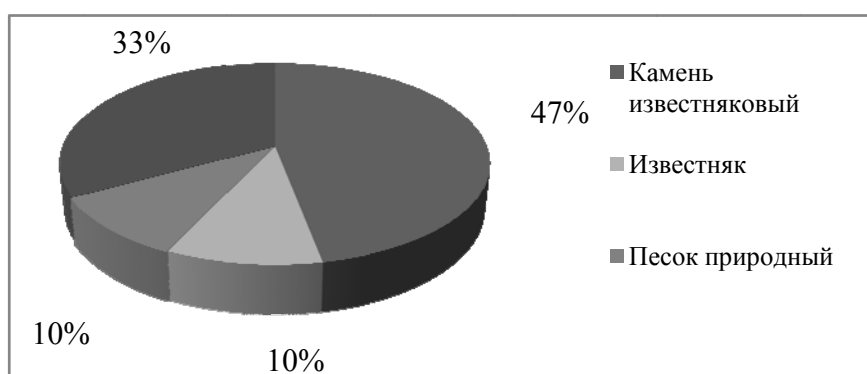


Рис. 1. Удельный вес предприятий по добыче минерального строительного сырья в Республике Крым

Значение коэффициентов находятся в интервале от нуля до единицы: чем выше уровень воздействия, тем выше коэффициент значимости, который составляет для транспортного обеспечения – 0,45; коммерческого – 0,35 и складского – 0,25. В состав индекса  $I_{тр}$  включены показатели:

- грузопоток предприятия (доля перевозок строительной продукции собственным транспортом к общему объему реализованной готовой продукции);
- уровень технической готовности транспортных средств (автомобиле-дни в готовом для эксплуатации состоянии к списочному количеству автомобиле-дней подвижного состава за рассматриваемый период);
- уровень сохранности при доставке строительной продукции (повреждение и потери груза к общему количеству перевезенного груза);
- уровень автоматизации погрузочно-разгрузочных работ (объем

автоматизированных погрузочно-разгрузочных работ к их общему объему).

Состав индекса  $I_{ком}$  определяется по показателям:

- уровень затрат на маркетинговые исследования (доля затрат на маркетинговые исследования в общем объеме коммерческих затрат);
- доля рынка предприятия;
- уровень использования каналов сбыта (доля объемов продаж через посредников к общему объему продаж);
- уровень затрат на рекламную деятельность (доля затрат на рекламу в общем объеме коммерческих затрат).

Состав индекса  $I_{скл}$  учитывает:

- уровень затрат по внутрискладской транспортировке (доля затрат по перемещению строительной продукции между разными зонами склада к общей сумме складских затрат)

- уровень затрат на складирование готовой продукции (доля затрат на складирование и хранение строительной продукции к общей сумме складских затрат);
- уровень механизации складских работ (доля механизированного труда складских рабочих к общему объему труда складских рабочих);
- уровень загруженности складских помещений (загруженность склада в течении года).

На втором этапе проводится расчет итогового интегрального показателя, который находится в интервале от 0 до 1. Данный показатель отражает в целом «инфраструктурную обеспеченность» товарного потока предприятий строительного комплекса. Оценку интегрального показателя инфраструктурной обеспеченности наиболее целесообразно проводить при помощи шкалы желательности Е. С. Харрингтона, которая имеет универсальный характер и может быть использована для оценки различных показателей качественного характера в удобной для восприятия семантической форме от «очень низкого» до «очень

высокого» [21], которая была адаптирована учеными Академии строительства и архитектуры с учетом специфики субъектов хозяйственно-экономической деятельности предприятий строительного комплекса на шесть уровней [22]. Таким образом, области устойчивости интегрального показателя в интервале от нуля до единицы позволят сравнивать данные по уровню инфраструктурной обеспеченности на различных предприятиях с определенной степенью точности (табл. 4).

Значения интегрального показателя в интервале от 0,00 до 0,2 («очень низкий») и в интервале от 0,2 до 0,37 («низкий») присущи минимальной инфраструктурной обеспеченности, что характеризуется низким уровнем:

- эффективности в обеспечении основных процессов предприятия,
- производительности труда рабочих инфраструктурных подразделений,
- качеством предоставляемых инфраструктурных услуг.

Таблица 4.

Шкала для оценки интегрального показателя и частных показателей уровней ИО предприятий строительного комплекса

Уровень инфраструктурной обеспеченности	Нижняя граница	Верхняя граница (включительно)
Очень высокий	0,8	1
Высокий	0,63	0,8
Средний (выше среднего)	0,5	0,63
Средний (ниже среднего)	0,37	0,5
Низкий	0,2	0,37
Очень низкий	0	0,2

«Очень низкий» уровень инфраструктурной обеспеченности может свидетельствовать о полном или частичном отсутствии элементов инфраструктурного обеспечения предприятия.

Среднее значение интегрального показателя инфраструктурной обеспеченности, с учетом специфики субъектов хозяйственно-экономической деятельности строительного комплекса предлагается разбить на 2 категории: ниже среднего (от 0,37 до 0,5) и выше среднего (от 0,5 до 0,63). Среднее значение соответствует относительной обеспеченности предприятия основными элементами инфраструктуры. Так, могут наблюдаться отдельные «проблемные» показатели, значения которых выходят за границы допусков и указывают на потерю обеспеченности предприятия.

Высокий уровень интегрального показателя инфраструктурной обеспеченности (от 0,63 до 0,8) отличает предприятия с высоко развитой инфраструктурой. Это предприятия, играющие ключевую роль в инфраструктурном обеспечении, как собственных процессов, так и предоставляющие данные услуги сторонним предприятиям и организациям.

Максимально высокий уровень интегрального показателя инфраструктурной обеспеченности (от 0,8 до 1,00) свидетельствует о сосредоточении огромных

инфраструктурных ресурсов. Предприятия, характеризующиеся таким уровнем обеспеченности, выступают «гигантами» в своей сфере деятельности, обладают высоким потенциалом развития, высокой конкуренто-способностью и долей рынка.

С учётом принятых допущений, дадим подробное описание методики расчёта  $I_{ИО}$  – интегрального индекса инфраструктурного обеспечения (в английской транскрипции –  $I_{IS}$  – Index of infrastructural support).

Соответственно введем обозначения:

$I_{гр}$  – индекс грузопотока предприятия;

$I_{тг}$  – индекс технической готовности транспортных средств;

$I_c$  – индекс сохранности при доставке строительной продукции;

$I_{авт}$  – индекс автоматизации погрузочно-разгрузочных работ;

$I_{марк}$  – индекс затрат на маркетинговые исследования;

$I_{др}$  – индекс доли рынка предприятия;

$I_{кс}$  – индекс использования каналов сбыта;

$I_{рекл}$  – индекс затрат на рекламную деятельность;

$I_{скл тр}$  – индекс затрат по внутрискладской транспортировке;

$I_{скл\ эн}$  – индекс затрат на складирование строительной продукции;

$I_{мех}$  – индекс механизации складских работ;

$I_{загр}$  – индекс загруженности складских помещений.

С учётом принятых обозначений, методика расчёта интегрального индекса инфраструктурного обеспечения товарного потока примет следующий вид.

Рассчитываем частные индексы компоненты интегрального индекса транспортного обеспечения ( $I_{тр}$ ) (1–5):

$$I_{сп} = Q_{пгп} / Q_p \quad (1),$$

где  $Q_{пгп}$  – объем перевозок строительной продукции собственным транспортом, т;  $Q_p$  – общий объем реализованной строительной продукции и СМР, т.

$$I_{мг} = A_{Дс} / A_{Дс} \quad (2),$$

где  $Q_{п}$  – повреждение и/или потери груза при перевозке строительной продукции, т;  $Q_{п}$  – общее количество перевезенной строительной продукции, т.

$$I_{авт} = Q_{авт\ нпр}^{авт} / Q_{нпр} \quad (4),$$

где  $Q_{авт\ нпр}^{авт}$  – объем автоматизированных погрузочно-разгрузочных работ, т;  $Q_{нпр}$  – общий объем погрузочно-разгрузочных работ, т.

Компонента интегрального индекса транспортного обеспечения ( $I_{тр}$ ) будет рассчитываться по формуле:

$$I_{тр} = 1/4(I_{сп} + I_{мг} + I_{с} + I_{авт}) \quad (5).$$

Определяем частные индексы коммерческого обеспечение товарного потока ( $I_{ком}$ ) (6-10):

$$I_{марк} = C_{ми} / C_{кз} \quad (6),$$

где  $C_{ми}$  – затраты на маркетинговые исследования, грн;  $C_{кз}$  – общий объем коммерческих затрат, грн.

$$I_{ор} = Q_{нр} / Q_{нр}^{опр} \quad (7),$$

где  $Q_{нр}$  – объем продаж предприятия, т;  $Q_{нр}^{опр}$  – объемы продаж в отрасли (регионе), т.

$$I_{кс} = Q_{нр}^n / Q_{нр} \quad (8),$$

где  $Q_{нр}^n$  – объемы продаж через посредников, т;  $Q_{нр}$  – общий объем продаж предприятия, т.

$$I_{рекл} = C_{рекл} / C_{кз} \quad (9),$$

где  $C_{рекл}$  – затраты на рекламную деятельность, грн;  $C_{кз}$  – общий объем коммерческих затрат, грн.

Расчет компоненты интегрального индекса коммерческого обеспечения товарного потока ( $I_{ком}$ ) будем проводить по формуле:

$$I_{ком} = 1/4(I_{марк} + I_{ор} + I_{кс} + I_{рекл}) \quad (10).$$

Определяем показатели индекса складского обеспечения товарного потока ( $I_{скл}$ ) (11-15):

$$I_{скл\ тр} = C_{нпр} / C_{скл} \quad (11),$$

где  $C_{нпр}$  – затраты по перемещению строительной продукции между разными зонами склада, грн;  $C_{скл}$  – общая сумма складских затрат, грн.

$$I_{скл\ эн} = C_{скл}^{ен} / C_{скл} \quad (12),$$

где  $C_{скл}^{ен}$  – затраты на складирование и хранение строительной продукции, грн;  $C_{скл}$  – общая сумма складских затрат, грн.

$$I_{мех} = Q_{мех} / Q_{ор} \quad (13),$$

где  $Q_{мех}$  – объем механизированного труда складских рабочих, т;  $Q_{ор}$  – общий объем труда складских рабочих, т.

$$I_{загр} = S_{пол} / S_{общ} \quad (14),$$

где  $S_{пол}$  – полезная (грузовая) площадь предназначенная для складирования строительной продукции, м<sup>2</sup>;  $S_{общ}$  – общая площадь склада, м<sup>2</sup>. Тогда, расчет компоненты интегрального индекса складского обеспечения товарного потока ( $I_{скл}$ ) будем проводить по формуле:

$$I_{скл} = 1/4(I_{скл\ тр} + I_{скл\ эн} + I_{мех} + I_{загр}) \quad (15).$$

Таблица 5.

Сводная таблица значений частных и интегральных показателей инфраструктурного обеспечения

ЯЭДП	Значение показателей														
	2009			2010			2011			2012			2013		
	$I_{тр}$	$I_{ком}$	$I_{скл}$	$I_{тр}$	$I_{ком}$	$I_{скл}$	$I_{тр}$	$I_{ком}$	$I_{скл}$	$I_{тр}$	$I_{ком}$	$I_{скл}$	$I_{тр}$	$I_{ком}$	$I_{скл}$
ООО "Деней"	0,39	0,125	0,29	0,37	0,12	0,31	0,38	0,102	0,34	0,43	0,086	0,39	0,49	0,082	0,386
	0,289			0,287			0,292			0,321			0,344		
ПАО "Шархинский карьер"	0,417	0,167	0,33	0,423	0,16	0,38	0,449	0,155	0,42	0,45	0,168	0,49	0,443	0,172	0,63
	0,329			0,342			0,362			0,383			0,417		
ООО "Белогорское карьероуправление"	0,605	0,171	0,475	0,607	0,161	0,408	0,646	0,179	0,407	0,654	0,236	0,397	0,653	0,2	0,451
	0,451			0,431			0,455			0,476			0,473		
КО "Крым-Инвестстрой и Компания"	0,681	0,347	0,556	0,68	0,325	0,564	0,688	0,29	0,569	0,695	0,3	0,571	0,694	0,316	0,582
	0,567			0,561			0,553			0,561			0,568		
ОАО "Сакский завод строительных материалов"	0,553	0,494	0,488	0,537	0,42	0,486	0,538	0,5	0,492	0,539	0,541	0,493	0,541	0,509	0,496
	0,544			0,51			0,54			0,555			0,546		
КП "Крымское карьероуправление"	0,523	0,016	0,342	0,687	0,019	0,346	0,691	0,02	0,372	0,671	0,021	0,362	0,705	0,022	0,344
	0,326			0,402			0,411			0,399			0,411		

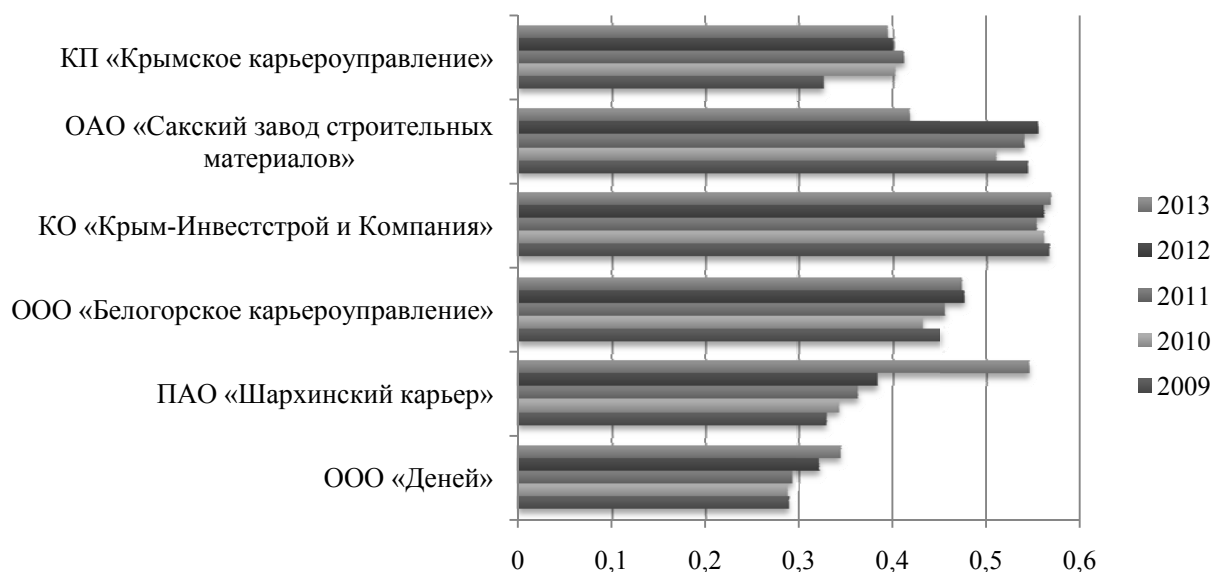


Рис. 2. Динамика интегрального показателя уровня инфраструктурного обеспечения предприятий строительного комплекса за 2009-2013 гг.

Апробация предложенного теоретико-методического инструментария к оценке уровня инфраструктурной обеспеченности строительного комплекса позволила сделать следующие выводы:

1) уровень ИО строительного комплекса Республики Крым находится на низком и среднем уровне (рис. 2), что свидетельствует о недоиспользовании потенциальных возможностей субъектами хозяйствования, устареванием и износом оборудования и технологий, низким уровнем оптимизации товарных потоков, низким уровнем производительности труда ввиду низкой автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских работ;

2) лидерами по уровню «инфраструктурной обеспеченности» являются КО «Крым-Инвестстрой и Компания», ОАО «Сакский завод строительных материалов», ООО «Белогорское карьероуправление», что обусловлено более продолжительными сроками ведения хозяйственно-экономической деятельности в отрасли по добыче минерального строительного сырья, расширением перечня видов экономической деятельности, внедрением новых технологий, удобным местоположением и т.д.

3) наибольший уровень «инфраструктурной обеспеченности» в Белогорском и Сакском районах, что обусловлено специализацией этих районов на добыче минерального строительного сырья для строительной индустрии, а также высокой концентрацией субъектов хозяйствования, что приводит к повышению уровня конкуренции.

#### Выводы

На основании изучения работ современных зарубежных и отечественных ученых, посвященных проблематике инфраструктурного обеспечения было установлено, что термин инфраструктура

используется в экономике, политике, социологии и во многих технических дисциплинах. Общим признаком большинства определений инфраструктуры во всех областях является то, что это комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования системы. Понятие «инфраструктура отрасли» стало развиваться позже, однако до сих пор так и не имеет однозначного толкования. На наш взгляд, под инфраструктурой отрасли следует понимать совокупность производств вспомогательного и обслуживающего назначения, которые обеспечивают создание нормальных условий работы основного производства в отрасли. Применительно же к строительной отрасли под инфраструктурой строительной отрасли будем понимать комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования строительного комплекса. Строительный комплекс осуществляет весь цикл работ по созданию строительных объектов - от проектирования до ввода их в действие с необходимой для этого строительной базой и производством специальных видов материальных ресурсов. Строительный комплекс включает в себя составные подсистемы: строительную, научно-исследовательскую и проектно-испытательную. Основу строительного комплекса составляет строительная подсистема (СП), которая охватывает предприятия строительного комплекса.

Анализ динамики функционирования строительного комплекса республики Крым показал, что в целом он функционирует не стабильно. Объемы выполнения строительно-монтажных работ за четыре года практически не изменяются, капитальные инвестиции в материальные активы

ежегодно уменьшаются, сокращается численность занятых работников в строительстве и число проектных организаций. При этом следует отметить, что Республика Крым обладает хорошо развитой сырьевой базой строительных материалов для стабильного функционирования и развития строительного комплекса.

Анализ минерально-сырьевой базы Республики Крым свидетельствует о том, что на сегодняшний день не в полной мере обеспечиваются потребности строительного комплекса в сырье для производства искусственного строительного камня, декоративно-облицовочных материалов и в строительных песках.

Инфраструктурное обеспечение строительного комплекса включает в себя транспортное, коммерческое и складское обеспечение товарного потока. Предлагаемый теоретико-методический инструментарий представляет собой попытку соединить в одном подходе три составляющие инфраструктурного обеспечения товарного потока в строительном комплексе. Однако, оценка уровня «инфраструктурной обеспеченности» позволяет лишь оценить наличие элементов ИО строительного комплекса, но не позволяет оценить эффективность использования имеющегося потенциала, следовательно, необходимо определение локальных показателей эффективности ИО строительного комплекса, на базе которых можно определить его эффективность и выделить наиболее результативные элементы, что и будет являться направлением дальнейших научных исследований.

#### Литература

1. M. Lind. The right way to invest in infrastructure / Michael Lind. Insights & Publications. McKinsey & Company, 2009. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mckinsey.com/insights/public\\_sector/the\\_right\\_way\\_to\\_invest\\_in\\_infrastructure](http://www.mckinsey.com/insights/public_sector/the_right_way_to_invest_in_infrastructure).
2. Экономико-математический энциклопедический словарь / под ред. В.И. Данилова-Данильян. – М.: Инфра-м, 2003. – 688 с.
3. Белкина, Т.Д. Инфраструктура и её программирование в развитых капиталистических странах / Т.Д. Белкина. // Проблемы функционирования и развития инфраструктуры народного хозяйства. – М.: ВНИИСИ. – 1979. – №6 - С. 17–23.
4. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит. – М.: Эксмо, 2007. – 960 с.
5. Rosenstein-Rodan P. Notes on the Theory of the «Big Push» / P.Rosenstein-Rodan. // Economic development for Latin America . - N. Y., 1961. – P. 58–72.
6. Блинов, А.О. Инфраструктура инвестиционного процесса – система обеспечения развития экономики России / А.О. Блинов. // Экономіст. – 2002. – №7. – С. 80–87.
7. Лившиц, В.Н. Системный анализ экономических процессов на транспорте / В.Н. Лившиц. – М.: Транспорт, 1986. – 240 с.
8. Терентьев, В.Г. Особенности развития инфраструктуры в разных режимах общественного воспроизводства / В.Г. Терентьев. // Проблемы функционирования и развития инфраструктуры народного хозяйства. Труды семинара. – М.: ВНИИСИ. – 1979. – С. 5–11.
9. Меркина, Г.М. Экономические проблемы развития транспорта как отрасли инфраструктуры / Г.М. Меркина. – М.: Знание, 1981. – 64 с.
10. Алымов, А.Н. Социальная инфраструктура: вопросы теории и практики / А.Н. Алымов, А.И. Кочерга, В.А. Богаенко. – К.: Наукова думка, 1982. – 336 с.
11. Мамутов, В.К. Рекреация: социально-экономические и правовые аспекты / В.К. Мамутов, А.И. Амоша, Т.Н. Дементьева. – К.: Наукова думка, 1992. – 144 с.
12. Економічна теорія: Політекономія. / під ред. В.Д. Базилевича. – К.: Знання – Пресс, 2003. – 173 с.
13. Инфраструктура товарного рынка: навч. посібник / під ред. І.В. Сороки. – К.: НМЦВО МОІН України, НВФ «Студцентр», 2002. – 608 с.
14. Экономика организаций (предприятий) / под ред. В.Я. Горфинкеля, В.А. Швандара. – М.: Юнити-Дана, 2003. – 431 с.
15. Экономика предприятия: учебник / под общ. ред. С.Ф. Покропивного. – пер. с укр. 2-го перераб. и доп. изд. – К.: КНЭУ, 2003. – 608 с.
16. Асаул, А.Н. Феномен инвестиционно-строительного комплекса или сохраняется ли строительный комплекс страны в рыночной экономике: моногр. [Электронный ресурс] / А.Н. Асаул. URL: <http://www.aup.ru/books/m65/> (дата обращения: 10.10.2015).
17. Ергин, С.М. Процессы монополизации на локальном рынке строительно-минерального сырья: моногр. / С.М. Ергин. – Симферополь: Изд-во Крымского научного центра НАН Украины и МОН Украины, 2013. – 255 с.
18. Промисловість Автономної Республіки Крим у 2005–2013 роках: статистичний збірник / під ред. Н.М. Григор. // Головне управління статистики в Автономній Республіці Крим. – Симферополь: ГУС АРК, 2013р. – 180 с.
19. Кондратьев, В.Б. Инфраструктура как фактор экономического роста / В.Б. Кондратьев. // Российское предпринимательство. – 2010. - №11. Вып. 2 (171). — С. 29–36.
20. Ильченко А.Н. Интегральная оценка уровня развития социально-экономической инфраструктуры региона / А.Н. Ильченко, Ма Цзюнь. // Современные наукоемкие технологии.

- Региональное приложение. – 2012. – № 4(32). – С. 37–42.
21. Пичкалев, А.В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств / А.В. Пичкалев. // Исследования наукограда. – 2012. – №1. – С. 25–28.
22. Акимова, Э.Ш. Развитие инфраструктурного обеспечения добывающей промышленности региона: автореферат дисс. на соискание ученой степени к.э.н. / Э.Ш. Акимова. – Симферополь: АРИАЛ, 2014. – 20 с.

## INFRASTRUCTURE SUPPORT OF THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION COMPLEX

**Summary.** The existing approaches to the interpretation of the term "infrastructure" and "infrastructure support of construction complex" were considered. An assessment of the current state of the construction complex of the Republic of Crimea was made. It helped to identify the main problems in construction complex. Theoretical and methodological tools for assessing the level of infrastructure support of construction companies of the Republic of Crimea has been developed and tested.

**Key words:** construction complex, building materials, infrastructure support, theoretical and methodological tools.

## РАЗРАБОТКА ОБЛАЧНОЙ GPSS-СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ПАТТЕРНА ИНВЕРСИИ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОДОРОГ

Федоркин С.И., Дядичев В.В., Любомирский Н.В., Стоянченко С.С., Менюк С.Г., Макарова Е.С., Дядичев А.В., Шуляк Е.Ю.

Академия Строительства и Архитектуры ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского", г. Симферополь, ул. Павленко, 3, корпус 2, к. 108

lfedorkin19.51@gmail.com; mr.dyadichev@mail.ru; niklub.ua@gmail.com; gsantono@gmail.com; menuka@mail.ru; k.makarova11@gmail.com; alexandrku@mail.ru; lesha29.04@mail.ru;

**Аннотация.** Приводится описание принципов построения GPSS-подобной системы моделирования, которая построена с использованием объектно-ориентированного языка программирования C++. Имитационная модель также разрабатывается на языке C++. При этом пользователь для построения алгоритмов может применить как возможности языка GPSS так и возможности языка C++. Предложенная система моделирования предназначена для работы на сервере и обслуживания многих запросов одновременно. Это позволяет ее применять в комплексах облачных вычислений. Приведены принципы построения GPSS модели на языке C++. Дается пример модели для использования в информационно-аналитической системе автодорожного пространства.

**Ключевые слова:** язык программирования, имитационная модель, автодороги, сервер, облачные вычисления, объектно-ориентированное программирование, серверные приложения.

### Актуальность проблемы

Имитационное моделирование - общеизвестный метод исследования сложных систем [5,6,9,10,12,15]. При применении этого инструмента разрабатывается алгоритмическая модель, функционирование которой в определенной степени подобно реальной сложной системе изучаемого языка. С такой алгоритмической моделью выполняется ряд экспериментов, в течение которых собираются статистические данные. Анализ этих данных позволяет сделать выводы о поведении реальной сложной изучаемой системы. В отличие от аналитического моделирования имитационную модель возможно построить для исследования реальной системы практически любого уровня сложности. Существует определенное количество языков для разработки имитационных моделей. Одними из первых были язык SIMULA . SIMSCRIPT и другие. Одним из самых распространенных программных пакетов дискретного имитационного моделирования является система GPSS [16]. К преимуществам этой системы следует отнести простоту описания моделируемой системы. Явным недостатком системы является ограничение количества блоков, которые поддерживаются в системе. Большие сложности возникают в том случае, если возможностей этих блоков недостаточно.

### Анализ публикаций

Существуют реализации языка GPSS для персональных компьютеров: GPSS World [13], GPSS / PC [18]. Общей характеристикой подобных систем является попытка точного совпадению синтаксиса с классической версией GPSS [16]. Следует особо отметить работы [13,17], в которой предложены подходы к представлению GPSS модели в форме объектно-ориентированной программы на языке Delphi. Для управления процессом вызова блоков в

этой работе используется оператор CASE языка Pascal . Это придает гибкость модели. Но не дает возможности использовать обычные операторы языка Pascal. Следует отметить, что именно использование таких операторов позволяет создать модель любого уровня сложности. Также недостатком такого решения является невозможность последовательного вызова блоков GPSS, который необходимо поддерживать в определенных ситуациях моделирования. Для обеспечения расширения набора блоков разработана система GPSS - Fortran [1], которая допускает построение пользовательских блоков на универсальном языке Fortran. В этой системе стандартное, классическое множество блоков является основой для построения пользовательских блоков. На базе использования адаптированного набора блоков [7,8,11] разработчик имеет возможность простого создания уникальной имитационной модели для конкретного использования, например в информационной системе обслуживания автодорог. Алгоритмический язык Fortran была разработана в 50-х годах прошлого столетия и в наше время, несмотря на появление новых версий, не очень распространена из-за присущих недостатков. Отдельное направление в имитационном моделировании представляют системы визуального моделирования сложных систем. Типичными представителями являются система Simulink [2], VisSim [19], SimEvents [20]. К преимуществам таких систем следует отнести относительную легкость построения модели из множества стандартных блоков и минимальное время, что требуется для овладения навыками создания моделей. Развитие процесса моделирования возможно наблюдать на экране дисплея. Безусловно это очень удобно для анализа особенностей исследуемой системы. Но системы этого класса чаще всего являются

интерпретаторами, это обстоятельство определяет, что требуется много времени для выполнения процесса моделирования. Необходимость визуализации процесса моделирования вызывает еще большие затраты времени.

#### Цели и задачи работы

Анализ существующих систем и публикаций позволяет сделать следующие выводы о том, что сейчас отсутствуют системы GPSS моделирования функционирующие в серверном режиме. Если система моделирования будет расположена на сервере, который имеет высокое быстродействие, и обладает возможностью одновременного обслуживания многих клиентов, то такую систему моделирования возможно использовать в системах облачных вычислений. Наиболее приспособленной для разработки серверных приложений в наше время - технология объектно ориентированного программирования (ООП). Целью этой работы является создание гибкой GPSS подобной системы моделирования, базирующейся на использовании технологии ООП. Классическим языком программирования, который поддерживает ООП является язык C++ [4]. Поэтому выбор этого языка в качестве инструментальной для разработки серверного приложения GPSS подобной системы моделирования выглядит достаточно обоснованным. Использование принципов ООП для создания GPSS подобной системы имитационного моделирования обещает большие перспективы. Выбор C++ платформы позволяет использовать систему моделирования в режиме облачных вычислений. В таком случае в корпоративной или глобальной сети на сервере размещается специальная программа, которая ожидает вызова пользователей и с помощью программного симулятора выполняет процесс моделирования. Серверная часть программного приложения должна работать в режиме с поддержкой много текущих или многопользовательских вычислений. Использование в качестве аппаратного обеспечения серверов с высокой скоростью вычислений позволяет одновременно обслуживать много пользователей.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- спроектировать множество классов для представления стандартных GPSS - блоков;
- разработать принципы передачи управления между GPSS - блоками;
- обосновать инструментальную среду разработки системы моделирования.

#### Основная часть

Программа моделирования сложной системы на языке GPSS представляет собой определенную последовательность блоков. Например, программа, моделирующая простейшую систему массового обслуживания с очередью и одним обслуживающим устройством может иметь следующий вид (рис.1).

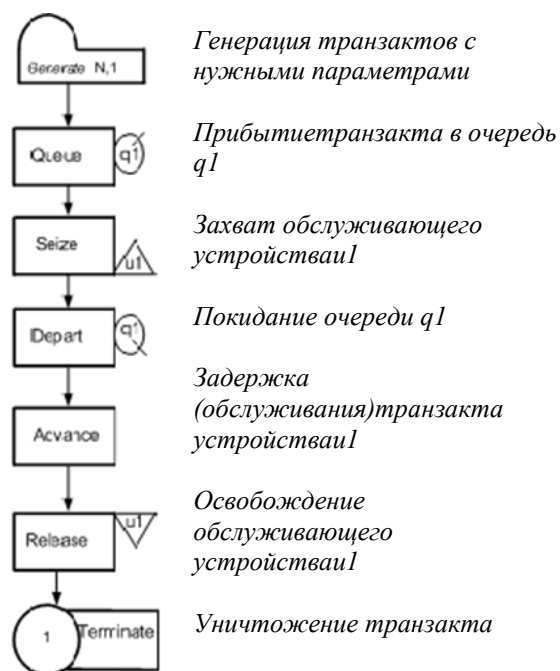


Рис. 1. Пример программы на языке GPSS

Анализ приведенного примера показывает, что программа на языке GPSS представляет собой последовательность блоков. Процесс моделирования на GPSS заключается в последовательном проведении транзактов через такую последовательность блоков. Транзакты - это динамические объекты, которые создаются и уничтожаются в течение процесса моделирования. В течение передвижения транзактов выполняется сбор статистических данных, которые используются для описания моделируемой системы. Каждый блок имеет собственную логику функционирования. Например, пара блоков QUEUE и DEPART используется для моделирования очереди. При этом блок QUEUE отмечает время прибытия транзакта в очередь, а блок DEPART - время покидания транзактом очереди и вычисляет время, проведенного транзактом в очереди. Время ожидания транзактов в очереди является случайной величиной и может использоваться для оценки эффективности работы системы.

Если блоки QUEUE и DEPART не могут быть вызовами задержки транзактов и позволяют всем транзактам свободно входить и покидать эти блоки. Кроме того, пребывание в этих блоках не требует никакого времени и выполняется в один и тот же момент модельного времени. Существуют блоки, которые могут отказать транзакту в обслуживании при наличии определенных условий. Пара блоков SEIZE, RELEASE моделирует обслуживание транзакта специальным устройством, которое может захватить только один транзакт. Если устройство обслуживает определенный транзакт, другие транзакты, которые претендуют на

обслуживание данного устройства должны ожидать. Этим транзактам будет отказано блоком SEIZE на входе и будет сформирована очередь к этому устройству. Для освобождения обслуживающего устройства назначен блок RELEASE. Этот блок не может отказать транзакту на вход и пропуская транзакт он замечает устройство как свободный. После чего текущий транзакт движется к следующему блоку и активируется очереди транзактов к устройству (блок SEIZE). Если такая очередь присутствует, первому транзакту из очереди разрешается войти в блок SEIZE. Таким образом блоки SEIZE и RELEASE представляют собой связанную пару. Нельзя использовать блок SEIZE без парного блока RELEASE, и наоборот, блок RELEASE не имеет смысла без блока SEIZE. Следует отметить, что для имитации процесса обслуживания в GPSS используется блок Advanc. Транзакт, который попал в этот блок, задерживается на время, после чего покидает блок. Блок Advanc не может запретить вход транзактов к нему, он только деактивирует их на указанное время. Пока задержанные транзакты, блоком Advanc деактивированы, другие транзакты передвигаются по модели согласно ее структуры. Транзакты создаются блоком GENERATE и уничтожаются блоком TERMINATE. Создание транзактов, как правило, подчиняется какому-нибудь из законов распределения случайных величин.

Приведенное описание позволяет сделать вывод о том, что в классическом GPSS существует управляющая программа, которая отвечает за отслеживание каждого транзакта и их продвижение через модельные блоки. Процесс продвижения развивается в модельном времени и определяется

случайными обстоятельствами, которые складываются при моделировании. Одним из основных требований к этой управляющей программе является возможность прямой активации любого из GPSS блоков. Такая активация может быть реализована оператором аналогичным GOTO с меткой желаемого блока. Оператор GOTO является одним из важнейших операторов языка Фортран. Поэтому сам этот язык был использован для создания системы GPSS подобной системы моделирования. К преимуществам системы GPSS-F следует отнести возможность использования традиционных GPSS блоков и фрагментов обычных программ на языке Фортран. Подобная система является очень мощной потому что, может реализовать любой алгоритм имитации. В то же время обычный язык GPSS имеет ограниченное количество блоков, сужает область ее использования.

В начале 2004 года в работе [14] рассмотрено явление IoC в контексте ООП. Опираясь на мнения, изложенные в этой статье, предложено удачное определение для IoC в мире ООП: инъективная зависимость (DependencyInjection) или инверсия зависимостей (DependencyInversion).

Инверсия зависимости - это особый вид IoC, который применяется в объектно-ориентированном подходе для удаления зависимостей между классами. Зависимости между классами превращаются в ассоциации между объектами. Ассоциации между объектами могут устанавливаться и изменяться во время выполнения программы. Это позволяет сделать модули менее связанными между собой.

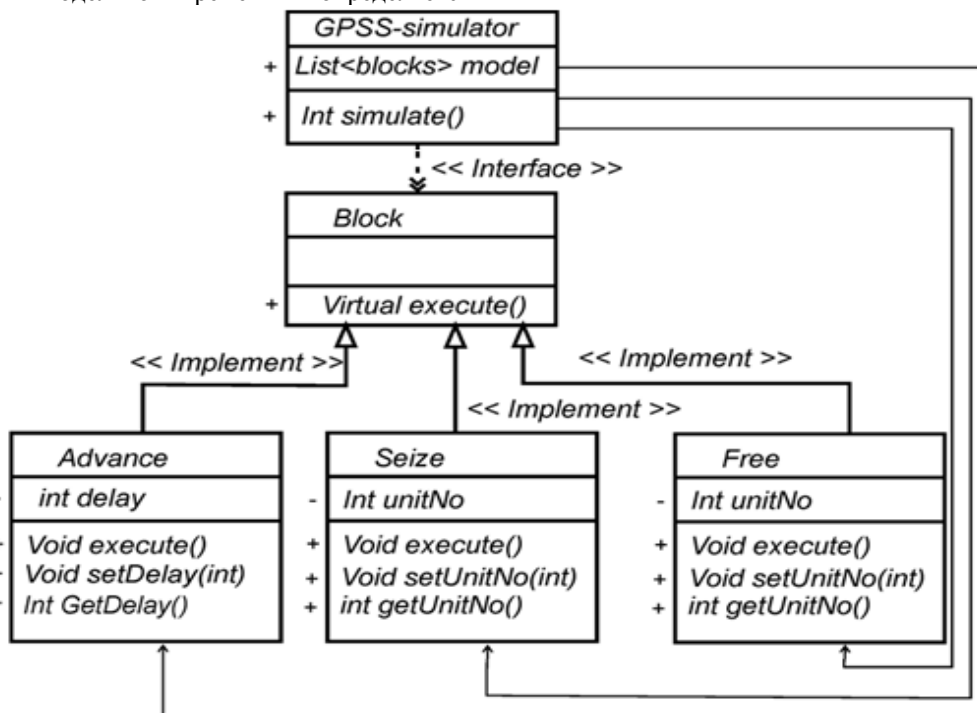


Рис.2 Диаграмма классов GPSS - симулятора

На рис.2 показана диаграмма классов симулятора GPSS модель в симуляторе с коллекцией блоков (объектов). Все блоки реализуют один интерфейс (Block). Благодаря такому решению значительно упрощается структура симулятора. Фактически главная его задача - последовательный вызов блоков коллекции(GPSS модели). У каждого блока вызывается виртуальный метод execute (). Этот метод должен быть объявлен в интерфейсе и он должен быть реализован в каждом блоке.Используя принцип полиморфизма симулятор в цикле последовательно вызывает каждый блок из коллекции. При таком последовательном вызове блоков имитируется прохождения одного транзакта. В случае блокировки транзакта или других случаев, которые делают невозможным дальнейшее

продвижение транзакта, симулятор анализирует внутренние структуры данных, определяет следующий транзакт, который должен активироваться, и вызывает метод execute () того блока, который соответствует активированному транзакту.

Принцип инъекции зависимостей позволяет значительно упростить структуру симулятора. Фактически GPSS модель инжектируется в симулятор через внешнее описание. Для создания GPSS модели предлагается использовать язык XML. Существует несколько программных решений (фреймворков), которые позволяют выполнить инъекцию зависимостей с использованием языков Java и XML.В данной работе предлагается использовать фреймворк Spring [4,13].

Таблица №1.

Сравнительная таблица построения имитационной модели на языке GPSS , языке GPSS - F, языке C ++

GPSS	GPSS-F	C++
Generate 1,5	1001 Call activ1(&1010)	While (true) {
Queue q1	99 goto (1,2,3,4),naddr	Try {
Seize u1	call genera(1,54,&1002)	Generate.execute()'
Depart q1	call queue(1)	Queue.execute();
Advance 5	call seize(2,1,&1001,&1002)	Seize.execute();
Leave u1	call depart(1)	Depart.execute()
Terminate	call advanc(3,10,&1001)	Advance.execure();
	call release(1)	Release.execute();
	call termin(&1001)	Terminate execute
	1002 call activ2(&99,&1001)	}
		Catch eactiv1 Activ1());
		}

В таблице№.1 приведены примеры реализации одной и той же имитационной модели на трех языках программирования.

Приведенный выше пример программы моделирования на традиционном GPSS имеет следующий вид в системе GPSS –Spring

```

<bean name="generate"
class="gpss.Generate">
  <property name="number" value="1">
  <property name="time" value="5">
</bean>
<bean name="queue"
class="gpss.Queue">
  <property name="name" value="q1">
</bean>
<bean name="seize" class="gpss.Seize">
<property name="name" value="u1">
</bean>
<bean name="seize"
class="gpss.Depart">
  <property name="name" value="q1">
</bean>
<bean name="advance"
class="gpss.Advance">
  <property name="time" value="5">
</bean>

```

```

<bean name="leave"
class="gpss.Leave">
  <property name="name" value="u1">
</bean>

```

Внимательный просмотр варианта модели на языке GPSS - F показывает, что в модели широко используется адресный выход из процедуры. Этот механизм позволяет передать управление после выхода из процедуры не в точку непосредственно после ее вызова, в указанную точку программы. Например, после выполнения оператора 1002 call activ2 (& 99, & 1 001) управление может быть передано наоператор с меткой 99, на оператор с меткой 1001, или на следующий оператор. Механизм адресного выхода из процедуры является уникальным и поддерживается в языке Фортран начиная с версии Фортран 77.Этот алгоритм передачи управления затрудняет анализ программы и запрещен в структурном программировании и объектно-ориентированном программировании. Но именно механизм адресного выхода из программы позволил создать очень простой и открытый для модификаций алгоритм управляющей программы.

При использовании объектно-ориентированного подхода для создания алгоритма управляющей программы GPSS имитатора невозможно применить механизмы передачи управления подобные оператору GOTO. Для разветвления процесса выполнения программы в языке C ++ возможно использовать оператор SWITCH. Некоторые авторы предлагают его использования для построения GPSS имитатора. Но в таком случае моделирующая программа получается чрезмерно усложненной.

В этой работе предложен для гибкой передачи управления в GPSS C ++ программе использовать механизм исключений, который поддерживается в языке C ++. Пример приведен в таблице 1 в третьей колонке. Из этого примера видно, что управление последовательно передается от одного блока к другому. Если транзакт будет заблокирован, и возникнет необходимость передачи управления к диспетчеру, блок сгенерируетотключение. В этом случае управление будет автоматически передано в раздел catchоператору try. После определения следующего блока, который должен быть активированным диспетчер просто формирует команду и завершает работу. Поскольку блок try ... catch заключен в бесконечный цикл, то следующим выполняется первый блок программы. Но активировать необходимо определенный блок, а не первый. Для активации нужного блока предлагается использовать паттерн программирования «цепочка ответственности» [3].

#### Выводы

В предлагаемой системе моделирования GPSS-C ++ используется гибкий механизм передачи управления. Это позволяет создать быстродействующий симулятор, который может быть расположен на сервере и использован в режиме облачных вычислений информационной системы рационального развития дорожного пространства Республики Крым для обслуживания многих клиентов. К достоинствам системы следует отнести гибкость, универсальность, возможность легкой настройки на специфические алгоритмы пользователя.

#### Литература

- Schmidt B. Simulation of discrete system using GPSS-Fortran / B. Schmidt. — N.J. : John Wiley&Sons, 1980. — 342 p.
- Васильев В.В., Симак Л.А., Рыбникова А.М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие. — К.: НАН Украины, 2008. - 91 с.
- Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — СПб: «Питер», 2007. — 366 с.
- Глушаков С.В., Коваль А.В., Смирнов С.В. Язык программирования C++. Учебный курс. — Харьков, «Фолио», 2001. — 505 с.
- Дядичев В.В. Интегрированные компьютерные системы: Учебное пособие. — Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2008. — 256с.
- Дядичев В.В. Моделирование внедрения инновационных технологий в региональную систему образования: Монография / Дядичев В.В., Крышталь Н.И., Колесников А.В., Рыбцев И.В. — Луганск: Издательство ВНУ им. В.Даля, 2011. -252с.
- Дядичев В.В., Жуковский А.В. Интернет-телефония и системы мобильных телекоммуникаций: Учебное пособие. — Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2006 —500с.
- Дядичев В.В., Жуковский А.В., Сафронов К.Н. Компьютерные телекоммуникации и сети ЭВМ: Учебное пособие. — Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2006 —208с.
- Дядичев В.В., Локотош Б.Н., Колесников А.В. Теория информации: Учебное пособие. — Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2009. — 252с.
- Дядичев В.В., Колесников А.В. Компьютерная техника. Часть I. Пользователь ПК: Учебное пособие. — Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2003 — 236с.
- Дядичев В.В., Колесников А.В. Технические и программные средства современного офиса: Учебное пособие. — Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2006 — 22с.
- Дядичев В.В., Погорелов О.О. Дискретная математика и теория вероятностей: Учебное пособие. — Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2009. — 247с.
- Королев А. Г. Система objectGPSS. Вложение языка GPSS в DELPHI.- Сборник докладов 2-й всероссийской научно практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД 2005, Санкт Петербург, 2005.. с-264-268.
- КудрявцевЕ. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем.— М.: ДМК Пресс, 2004.— 320с.
- Томашевский В. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Томашевский, Е. Жданова — М. : Бестселер, 2003. — 416 с.

16. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS — М.: Машиностроение, 1980.— 592с.
17. <http://objectgpss.narod.ru/txt/systemogpss.htm>
18. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=76760>
19. <http://www.vissim.com/>
20. <http://www.mathworks.com/products/simevents>

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования и науки Республики Крым в рамках научного проекта 15-47-01001 «р\_юг\_а».*

## GPSS – DEBELOP CLOUD ENVIRONMENT BASED ON THE PATTERN INVERSION CONTROL FOR INFORMATION SYSTEM SERVICE ROAD

**Annotation.** The description of the principles of construction of GPSS - like system simulation, which is built with the use of object-oriented programming language C ++. The simulation model is also being developed in C ++. The user for construction of algorithms can be applied as the GPSS language features and capabilities of C ++. The proposed modeling system designed to run on the server and manage multiple requests simultaneously. This allows it to be used in combination of cloud computing. The principles of construction of GPSS models in C ++. It gives an example of a model for use in the information-analytical system of road space.

**Keywords:** programming language, simulation model , roads, server , cloud computing , object- oriented programming , server-based applications .

## Раздел 2. Строительные науки

### ПРОГРЕССИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОНОЛИТНОГО И СБОРНО-МОНОЛИТНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В КРЫМУ

Акимов С.Ф., Головченко И.В., Шаленный В.Т., Куренько А.В.

Академия Строительства и Архитектуры ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского"

Адрес: г. Симферополь, ул. Павленко, 3, корпус 2, к. 304

e-mail v\_shalennyj@mail.ru; e-mail golovchenko.igor.v@gmail.com; e-mail seyran-23@mail.ru; e-mail masa92@inbox.ru

**Аннотация.** В результате анализа недавно выполненных работ, а также особенностей развития строительной отрасли в Республике Крым, показано целесообразность и предпочтительные направления дальнейших научных исследований и их внедрения в практику домостроительного производства. К таким перспективным направлениям отнесено развитие монолитного и сборно-монолитного строительства с использованием относительно технологичных разборно-переставных индустриальных опалубочных систем, увеличения несущей способности каркасов за счет более полного и эффективного использования предварительного напряжения, повышения качества монтажа и бетонирования вертикальных конструкций путем обеспечения точности геодезических измерений, интенсификации набора прочности бетона в экстремальных условиях его твердения, новых способов выполнения штукатурных работ по бетонным и каменным конструкциям, а также их алмазной резки навесным оборудованием с гидроприводом отечественного производства.

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, бетонирование, монтаж, электропрогрев бетона, штукатурные маяки, алмазная резка.

#### Введение

Повышение технического уровня проектирования и строительства зданий и сооружений из монолитного и сборно-монолитного железобетона, как наиболее распространенных и до сих пор перспективных видов современного строительства, нам представляется достаточно актуальной научно-прикладной задачей, подпадающей под выработанный в последнее время синергетический сценарий социально-экономического развития российской экономики с необходимостью новой индустриализации[1] и импорто замещением, в том числе, и в строительном комплексе Республики Крым.

#### Анализ публикаций

В указанном аспекте, и нами проделана определенная работа, заключающаяся в ниже представленном обзоре.

Большинство железобетонных конструкций на сегодня бетонуются с использованием распространенных индустриальных разборно-переставных опалубочных систем ведущих мировых производителей[2], конкурирующих на мировом рынке строительного оборудования и оснастки. Нами обращено внимание на конструктивно-технологические особенности такого оборудования различных изготовителей, выдвинута и найдена подтверждение гипотеза о влиянии этих особенностей на продолжительность и трудоемкость арматурно-опалубочных и бетонных работ. Отличительной особенностью предложенных в результате и апробированных норм времени является их разделение на процессы по сборке и

разборке индустриальных разновидностей опалубки, а также бетонирования и ухода за бетоном. В отличие от ныне действующих норм, такая дифференциация позволяет применить их для построения графиков производственных процессов возведения строительных объектов с целью установления его продолжительности и трудоемкости. Появилась возможность и решена практически задача многовариантного имитационного компьютерного моделирования организационно-технологических процессов возведения железобетонных каркасов пяти объектов-представителей с использованием опалубок различных производителей. Имея данные по срокам строительства, вычислениями получены другие показатели технологичности возведения, такие как трудоемкость и себестоимость, причем последний в двух вариантах условий приобретения: покупка или аренда. В результате подтверждено и предположение о наличии существенных резервов для снижения затрат ресурсов при использовании той или иной разборно-переставной системной опалубки[3].

Так, во всех смоделированных вариантах технологии, по всем рассмотренным показателям, преобладает технология с использованием опалубочной системы фирмы Peri. Несколько хуже является использование опалубочной системы Ulma, а еще хуже показатели демонстрирует именно наиболее распространенная и предусмотренная действующими в Украине нормативами опалубка фирмы Doka. Разница в удельной себестоимости составляет до 259 грн./м<sup>3</sup> железобетона (7%) при покупке необходимого комплекта опалубки и до 532

грн./м<sup>3</sup> (13,5%) на условиях ее аренды. Еще большие колебания наблюдаются в показателях удельной трудоемкости железобетонных работ: от 0,2 чел. – чел./м<sup>3</sup> для самого высокого объекта-представителя (всего 1,44%) до 4,63 чел. – чел./м<sup>3</sup> (31,4%). Удельные затраты на опалубку всегда оказывались большими, чем затраты на эксплуатацию машин и выплат по заработной плате, иногда даже вместе взятые, и достигают до 21% общей себестоимости. Причем, расходы на арендованную опалубку в среднем в два раза больше, чем на купленную или взятую в лизинг. Имея такие результаты, можно видеть существенные резервы экономии трудозатрат и себестоимости при обоснованном принятии решений по использованию рациональных систем опалубки и условий их приобретения.

Сегодня требуется взвешенный подход и к определению области рационального применения сборного и монолитного железобетона. В связи с этим, в последние годы в строительстве распространение получают и компромиссные сборно-монолитные конструкции зданий. При таком принципиальном переходе от сборного варианта к сборно-монолитной системе, том числе, возможна реализация и не разрезной конструктивной схемы с вытекающими отсюда улучшенными технико-экономическими показателями проекта. Как очевидное преимущество при этом - увеличение перекрываемых пролетов традиционными сборными многопустотными плитами перекрытий.

Прототипом для развития такого перспективного направления сборно-монолитного строительства стала конструктивная система «Сочи», получившая дальнейшее развитие в уже достаточно распространенной и в Российской Федерации системе АРКОС БелНИИС[4]. Развивая эту конструктивную систему, в ПГАСА ее несколько усовершенствовали в плане конструкции и технологии устройства монолитных уширенных ригелей, реализовав затем ее и с нашим участием при строительстве торгово-выставочного центра Мириада в Днепропетровске[5].

Параллельно в Российской Федерации развиваются и другие направления сборно-монолитного многоэтажного каркасного строительства гражданских зданий. К таким перспективным и уже частично используемым конструктивным системам следует отнести рамную систему КУБ-1, затем получившей развитие в системе КУБ-2,5. ЦНИИЭПжилища в своих работах предлагает модернизацию зарубежной технологии безопалубочного формования многопустотных железобетонных плит перекрытий с созданием в них локальной зоны усиления для возможности увеличения перекрываемых пролетов высотных каркасно-панельных домов[6].

Несомненно, инновационной следует признать и разработанную проектно-строительной фирмой ООО «ВИАКОН.ПРО» из Екатеринбурга универсальную сборно-монолитную систему с

оригинальной конструкцией сборного коробчатого ригеля из железобетона. После монтажа самого ригеля, пустотных плит перекрытия на его стенки, в образованную полость устанавливается арматурный каркас и укладывается бетонная смесь. Таким образом получают усиленный монолитный железобетонный пояс в уровне перекрытия каждого этажа, что крайне важно для сейсмически опасных районов страны, к которым относится и Республика Крым. Подобную сборно-монолитную строительную систему разрабатывают также специалисты Юго-Западного государственного университета совместно с Орловским академическим центром РААСН[7], а также Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Там уже выполнены испытания натурального фрагмента разработанной ими системы «Казань ХХ1в» с опиранием плиты на 40 мм вплоть до его разрушения, произошедшем не на опоре, а в пролете многопустотной сборной железобетонной плиты раздроблением бетона ее сжатой зоны[8].

Однако представленные, безусловно перспективные разработки, не предусматривают использование предварительного напряжения каркаса и, если теоретически существует возможность использовать сборные предварительно напряженные плиты перекрытий, то при монтаже плит по известным методам, обратный их выгиб, полученный еще в результате заводского изготовления и монтажа (Рис.1), будет потерян полностью или частично. А это может стать одним из направлений сокращения нерационального использования ресурсов строительного производства. Кроме того, требуют дальнейшей проработки и вопросы качества производства монолитных и сборно-монолитных железобетонных конструкций, их последующей отделки, а также ликвидации, как завершающего этапа жизненного цикла большинства зданий и сооружений гражданского и специального назначения.



Рис.1. Обратный выгиб предварительно напряженной пустотной плиты в процессе ее монтажа траверсой с клещевыми захватами

### Цель

Ресурсосберегающее развитие технологий монолитного и сборно-монолитного домостроения с учетом эффективности не только строительно-монтажных, но и последующих отделочных работ, а также ликвидации ранее созданных строительных конструкций.

Задачи:

1. На основе представленного анализа состояния вопроса предложить возможные направления ресурсоэкономного развития технологии монолитного и сборно-монолитного домостроения, повышения его качества, а также снижения себестоимости последующих штукатурных работ.

2. Показать до сих пор неразрешенные вопросы ликвидации железобетонных конструкций и пути их решения путем использования алмазных технологий резки предложенным импортом замещающим оборудованием.

### Методика и результаты исследования

Отличительными признаками предложенного способа являются новая операция по монтажу временных пространственных опор с винтовыми домкратами в центральной части пролетов будущих перекрытий, на которые и монтируют плиты таким образом, чтобы эти плиты не опирались на вертикальные несущие конструкции, а были несколько приподняты над ними, образуя зазор, заполняемый бетоном. Наличие такого зазора в процессе монтажа обеспечивает консольное опирание предварительно напряженных многопустотных плит не на вертикальные несущие конструкции, а на пространственные временные опоры, сохраняя таким образом показанный на Рис. 1 обратный выгиб плит, полученный еще в процессе их изготовления и монтажа. И таким образом, предложенный способ возведения сборного многоэтажного железобетонного каркаса здания с предварительным напряжением позволяет сохранить ранее созданное при изготовлении и монтаже многопустотных плит перекрытия их предварительное напряжение. При этом безусловно возникают и определенные распорные усилия в сборно-монолитной системе, благоприятно сказывающиеся на ее несущей способности и деформативным свойствам [9]. Таким образом, появляется возможность увеличения полезных нагрузок на перекрытия или увеличения их пролетов с соблюдением допустимых прогибов, что и обеспечивает общественно необходимый ресурсосберегающий эффект предложенного способа возведения сборно-монолитного железобетонного каркаса.

Самые жесткие требования по качеству устройства вертикальных железобетонных конструкций предъявляются к допустимым отклонениям от вертикальности стен лифтовой

шахты гражданских зданий. В соответствии с требованиями, установленными в нормативных и ведомственных документах по монтажу лифтового оборудования, традиционные приборы для геодезической съемки лифтовой шахты с помощью отвесов и даже теодолитов, не способны обеспечить требуемую точность.

Относительно новыми методом контроля качества выполнения опалубочных работ при устройстве лифтовой шахты нам представляется применение приборов вертикального визирования с установкой кронштейна для подъема деревянного настила на специально смонтированной временной площадке. Предпочтительнее использование прибора PZL-100, который позволяет передавать плановое положение точки на расстояние 100 м с точностью 1 мм, а также использование кронштейна для подъема деревянного настила на временной площадке (Рис. 2.). При использовании данного кронштейна и прибора вертикального визирования можно добиться практически нулевого отклонения. Как возможный вариант, кронштейн может состоять из двух равнополочных уголков, к которому привинчивается деревянный короб с прозрачной калькой или стеклом.

Прикидочные расчеты, выполненные на примере конкретного объекта в г. Евпатория, ул. Чапаева - пр. Победы, дом №7а, позволили установить, что устранение часто возникающих дефектов, превышающих допустимые отклонения и имеющих место при использовании традиционной технологии выполнения железобетонных работ и контроля их качества, может стоить подрядчику от 150 тыс. до 350 тыс. руб. и от 300 чел.-час. до 650 чел.-час. дополнительной трудоемкости. Кроме того, устранение замеченных дефектов может существенно повлиять на сроки ввода объекта в эксплуатацию, с последующими дополнительными еще и штрафными санкциями. Учет специфики развития строительной и промышленной отрасли Крыма заключается в также нижеследующем. Курортно-рекреационное развитие нашего региона предполагает минимум негативного влияния на отдыхающих. Поэтому в сезон отдыха большинство местных советов курортных городов запрещают производство строительно-монтажных и отделочных работ. Повышенная сейсмичность региона предопределяет развития монолитного и сборно-монолитного домостроения, которое придется вести преимущественно при пониженных температурах наружного воздуха. Поэтому требует дальнейшего развития технологии монолитного сейсмостойкого домостроения при пониженных температурах, включая и устройство стыков сборно-монолитных конструкций. Ранее выполненные работы позволяют рекомендовать как эффективный комбинированный способ электропрогрева бетонной смеси с химдобавками (Рис.3).

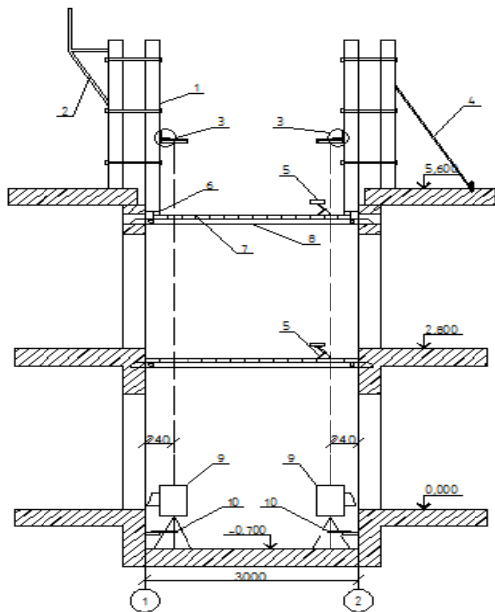


Рис.2. Схема контроля и устранения отклонений от вертикали при возведении лифтовой шахты прибором вертикального визирования: 1 – разборно-переставная опалубка, 2 - площадка бетонирования, 3 - узел крепления уголка к каркасу опалубки, 4 – подкос, 5 - металлические конструкции для монтажа деревянного настила, 6 - деревянная подкладка, 7 – настил, 8 - инвентарные подмости, 9 - прибор вертикального визирования PZL-100, 10 – кронштейн



Рис. 3.Общий вид участка ухода за бетоном колонн с электропрогревом и химдобавками

В части последующих отделочных работ, дальнейшего развития требует и традиционная технология «мокрой» штукатурки. Ее трудоемкость можно существенно снизить при использовании вместо растворных маяков специальных профилей из оцинкованной стали или других материалов, оригинальным способом закрепляемых и выверяемых на поверхности стены ([10], Рис. 4).

Для Крыма характерны и реконструкция либо ликвидация ранее созданных или не достроенных, пришедших в негодность или не соответствующих современным требованиям строительных объектов. Возникают вопросы безопасного разделения железобетонных и каменных конструкций на транспортабельные элементы с использованием алмазных технологий

резки дисковыми, цепными или канатными пилами преимущественно с гидроприводом.

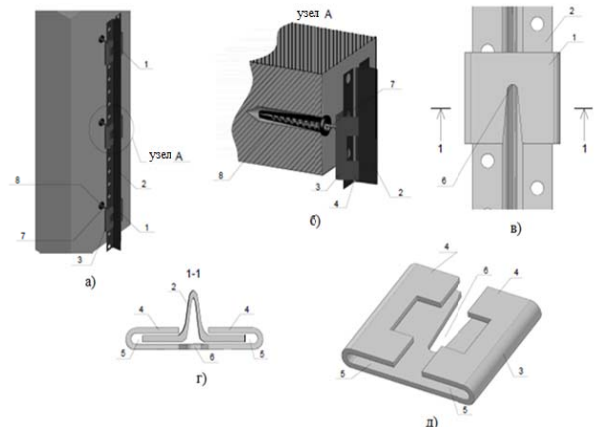


Рис. 4. Устройство для крепления маячкового профиля: а) - готовая конструкция установленного маяка перед оштукатуриванием поверхности; б) - узел "А" этой конструкции с разрезом стены; в) - устройство для крепления инвентарного маяка, с установленным маячковым профилем, вид снизу; г) - устройство для крепления инвентарного маяка, с установленным маячковым профилем, разрез 1-1; д) – держатель для крепления инвентарного маяка, вид в аксонометрии без самого маячкового профиля

В этом направлении, предлагается закрепление такого инструмента либо на временных поддерживающих конструкциях (лесах и подмостях) (Рис. 5, [11]), либо на модернизированных автопогрузчиках с вилочными захватами[12, 13]. Имеющиеся мощности машиностроительных заводов позволяют производить предложенное оборудование на отечественных предприятиях, исключив импорт подобного из Европы и Азии.



Рис. 5. Макет дисковой алмазной пилы на поддерживающих конструкциях инвентарных лесов

### Выводы и направления дальнейших исследований

На основе проведенного анализа предложены конструктивные, технологические и организационные решения, способствующие сокращению потребления ресурсов при проектировании, строительстве, эксплуатации и ликвидации объектов гражданского назначения из монолитного и сборно-монолитного железобетона, заключающиеся в нижеследующем:

1. Использование рациональных разборно-переставных опалубочных систем индустриального изготовления, позволяющих снизить трудоемкость и себестоимость, а также сократить сроки возведения.

2. Применение технологии монтажа многопустотных плит перекрытий на временные инвентарные опоры для сохранения обратного выгиба этих плит до набора прочности бетоном омоноличивания.

3. Повышения качества бетонирования верти-кальных монолитных конструкций за счет

предложенного способа выверки опалубки и сборных конструкций приборами вертикального визирования.

4. Комплексное использование электрообогрева и химдобавок в зимних условиях бетонирования монолитных, а также стыков сборно-монолитных каркасов.

5. Совершенствование технологии устройства штукатурных покрытий путем применения инвентарных маяков с предложенным новым способом их временного закрепления на предварительно устроенные дюбели.

6. Инвентарных маяков с предложенным новым способом их временного закрепления на предварительно устроенные дюбели.

7. Алмазные импорто замещающие технологии резки бетонных и железобетонных конструкций с использованием дисковых, цепных либо канатных пил, монтируемых на поддерживающих конструкциях или самоходных подъемно-транспортных машинах.

### Литература

1. Фокина З.Т. Синергетические сценарии социально-экономического развития России. Управление строительством//Вестник МГСУ. – 2015. - №5. – С.122-132.

2. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы /С. Г. Абрамян, А. М. Ахмедов, В. С. Халилов [и др.] //Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 36 (55). – С. 231–239.

3. Капшук О.А. Резервы снижения трудозатрат и стоимости монолитных конструкций за счет использования рациональных систем разборно-переставных опалубок /В. Т. Шаленный, О. А. Капшук //Строительство и реконструкция. – Орел, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014. – №5(55) – С.118–126.

4. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Серия Б1. 020.1-7. Сборно-монолитная каркасная система МВБ-01 с плоскими перекрытиями для зданий различного назначения: БелНИИС.-Мн.: Минсктиппроект.-1999. – 63с

5. Обоснование выбора плоского сборно-монолитного перекрытия ПГАСА /Н.В. Савицкий, Е.Л. Буцкая //Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. — Днепропетровск: ПГАСА. — 2010. — Вып. 56. — С.396-402.

6. Николаев С.В. Панельные и каркасные здания нового поколения //Жилищное строительство. – 2013. - №8. - С.2-10.

7. Бухтиярова А.С., Колчунов В.И., Рыпаков Д.А., Филатова С.А. Исследования живучести жилых и общественных зданий с новой конструктивной системой из индустриальных панельно-рамных элементов //Строительство и реконструкция. – Орел, ФГБОУ В «Госуниверситет – УНПК», 2014. – №6(56). – С.18–24.

8. Фардиев Р.Ф., Ашрапов А.Х., Мустафин А.И. Исследования несущей способности пустотных плит перекрытия при сниженной величине опирания на ригели //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. - №4. - С.172-177.

9. Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р. Экспериментальные исследования опертых по контуру железобетонных плит с распором //Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. - №3. - С.113-120.

10. Патент на полезную модель №151746U1, РФ. Устройство для крепления маячкового профиля. МПК F16B13/00. /Шаленный В.Т., Чубукчи Э.С., Тупицин Д.А., Заявл. 25.12.2014, №2014154637/93. Оpubл. 10.04.2015, Бюл. №10.

11. Шаленный В. Т. Расширение технологических возможностей алмазного оборудования для резки конструкций путем его монтажа на средствах подмащивания /В. Т. Шаленный, Д. С. Покотило //Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2014. — Вып. 49. — С.84—88.

12. Патент на полезную модель №151755U1, РФ. Оборудование для разрезания железобетонных конструкций. МПК В23D17/00. /Шаленный В.Т., Николенко И.В., Рыжаков А.Н., Заявл. 24.12.2014, №2014154654/93. Оpubл. 10.04.2015, Бюл. №10.

13. Патент на полезную модель №151758U1, РФ. Оборудование для разрезания железобетонных конструкций. МПК В23D17/00. /Шаленный В.Т., Николенко И.В., Рыжаков А.Н., Троян А.В., Скрыпкин М.Д., Дикарев К.Б., Мясик Т.В. Заявл. 24.12.2014, №2014154657/93. Оpubл. 10.04.2015, Бюл. №10.

## THE PROGRESSIVE DIRECTIONS OF RESOURCE-SAVING DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF MONOLITHIC AND COMBINED AND MONOLITHIC HOUSING CONSTRUCTION IN THE CRIMEA

**Summary:** As a result of the analysis of the recently completed works, as well as features of the construction industry in the Republic of Crimea, the expediency and preferred areas for further research and their implementation in practice of house-building production. These promising areas related development of monolithic and precast-monolithic construction using relatively tech disassembled resettable industrial formwork systems, increasing the bearing capacity of scaffolds by more complete and effective use of pre-stress, improve the quality of installation and concreting of the vertical structures by ensuring the accuracy of geodetic measurements, intensification of curing concrete in extreme conditions of its hardening, new ways of doing plaster works on concrete and masonry structures, as well as diamond cutting attachments hydraulically domestic production

**Key words :** ferroconcrete designs, concreting, installation, concrete electrowarming up, plaster beacons, diamond it is sharp.

## ВВЕДЕНИЕ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ (РЭПР – КОМПЕТЕНЦИИ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫХ УНИВЕРСИТЕТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Борис Барыкин, Александр Дворецкий

Академии строительства и архитектуры Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, ул. Киевская 181, г.Симферополь.

E-mail: dvoretzkyat@ukr.net

### Введение

Впервые категория «энергетическая эффективность» была использована в документах Конференции министров окружающей среды в Орхусе (Дания, июнь 1998 г.) «окружающая среда для Европы». В декларации, принятой на этой конференции, было заявлено, что «...политика в области энергоэффективности является одним из важнейших элементов достижения национальных и международных задач в области экономики, охраны окружающей среды, устойчивого энергоснабжения и технологии, оказывающих воздействие на качество жизни.

В «Энергетической стратегии России на 2020 год» повышение энергоэффективности обозначено как высший приоритет государственной энергетической политики.

В федеральном законе [1] «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года Государственная поддержка в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности может осуществляться, в частности, как содействие в осуществлении образовательной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и информационной поддержки мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

### Анализ публикаций

Энергоэффективность — эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве, достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды. Эта отрасль знаний находится на стыке инженерии, экономики, юриспруденции и социологии.

В отличие от энергосбережения (сбережение, сохранение энергии), главным образом направленного на уменьшение энергопотребления,

энергоэффективность (полезность энергопотребления) — полезное (эффективное) расходование энергии.

Для населения — это значительное сокращение коммунальных расходов, для страны — экономия ресурсов, повышение производительности промышленности и конкурентоспособности, для экологии — ограничение выброса парниковых газов в атмосферу, для энергетических компаний — снижение затрат на топливо и необоснованных трат на строительство [2].

Развитие потребностей общества, его социальный заказ в инженерных и архитектурных кадрах во многом определяет профессиональную подготовку студентов строителей, технологов и архитекторов-градостроителей в нашем вузе. Это требует от нас разработки новых подходов к повышению эффективности строительства. Сегодня одной из первостепенных задач повышения эффективности строительства в России является решение проблемы энерго- и ресурсосбережения отрасли. Особое внимание к этой проблеме вызвано постоянно растущими ценами на топливно-энергетические ресурсы, а также низкой энергетической эффективностью строительных объектов - зданий и сооружений. Кроме того, повышение энергоэффективности очень важно, как для улучшения конкурентоспособности строительной отрасли, так и для ее перевода на инновационную модель развития [6,7,10].

### Цель и постановка задачи исследований

На наш взгляд одним из важнейших методов повышения энергоэффективности является разработка и принятие, а также практическое внедрение энергосберегающих проектных решений в строительной отрасли. Если не относиться со всей серьезностью к проблеме энергоэффективности в строительстве как к системе мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов, не снизить энергоемкость принимаемых технических решений уже на уровне проектирования, то не удастся переломить ситуацию к ее серьезному улучшению. В этом процессе огромная роль принадлежит федеральным университетам, имеющим архитектурные и строительные академии и факультеты, отражающие весь необходимый спектр профессиональных профилей отрасли, таких как архитектура,

градостроительство, промышленное и гражданское строительство, производство строительных конструкций изделий и материалов, городское строительство и хозяйство, водоснабжение и водоотведение, теплогазоснабжение и вентиляция [8.9.10]. Поэтому в КФУ им. Вернадского подготовке студентов строителей и архитекторов к профессиональной деятельности с использованием энергоэффективных подходов должна быть уделена важная роль в инновационных программах обучения.

#### **Основной раздел с результатами и их анализом**

Так на архитектурно - строительном факультете АС и А КФУ активно ведется внедрение в образовательный процесс «энергоэффективной» подготовки архитекторов и инженеров. Однако из-за отсутствия серьезной материально-технической, лабораторной и кадровой базы пока сложно говорить о создании общих подходов к методологии преподавания дисциплин по энергоэффективности. Поэтому на данном этапе реформирования системы образования мы стараемся использовать особенности нового поколения основных образовательных программ высшего образования (далее ООП ВО), основанных на ФГСО 3+, состоящих в дальнейшей реализации идей компетентностного подхода [12,14]. Этот подход предполагает формирование системного набора компетенций обучающимися, позволяющих решать, в том числе профессиональные проблемы, а не просто получать некоторую сумму знаний и умений. При этом целью обучения становится не процесс, а достижение учащимися определенного результата. Компетентностному подходу присущ также перенос акцента с преподавателя и содержания дисциплины («подход, сфокусированный на преподавателе») на студента и ожидаемые результаты образования («подход, сфокусированный на студенте»). Роль преподавателя при этом изменяется от руководителя к помощнику [11].

Современная деятельность архитектора и инженера - строителя тесно связана с разработкой и непосредственным созданием сложных технических систем зданий и сооружений, их функционированием и управлением. Из основных сфер деятельности инженеров можно выделить изыскательскую и проектно-конструкторскую; производственно – технологическую и производственно – управленческую; экспериментально – исследовательскую; монтажно – наладочную и сервисно – эксплуатационную [15].

Однако основополагающей составляющей любой деятельности в области строительства и архитектуры на наш взгляд следует считать проектно-конструкторскую деятельность [7]. Это позволяет нам утверждать о реальной необходимости введения в ФГОС - 4

особого вида общепрофессиональной компетенции – компетенции по разработке энергоэффективных проектных решений (РЭПР - компетенции), как обязательной для студентов всех федеральных университетов, имеющих строительные и архитектурные направления подготовки. Реализация РЭПР - компетенции в вузах приблизит студента к реальной профессиональной деятельности, сделает знания активными, научит не только использовать имеющиеся, но и искать необходимые для решения задачи знания. В этих условиях развитие РЭПР - компетенции становится основой закладываемого фундамента профессионализма будущего специалиста.

Мы должны рассматривать сформированность у выпускника РЭПР - компетенции как единство знаний, умений, универсальных способностей и готовности к решению больших групп задач — от личностных и социальных до серьезных инновационных в профессиональной области, что собственно и определит владение профессией на высоком уровне. РЭПР – компетентность должна проявляться во владении специальными проектно-конструкторскими знаниями и умениями, направленными на РЭПР, использовании современных технологий и средств проектирования, обоснованного выбора и оптимизации в случае многовариантности решений; учете быстрого изменения технологий. Формирование РЭПР - компетентности является ключевой задачей в подготовке будущего инженера-строителя и архитектора.

РЭПР – компетенция должна быть многофункциональной, универсальной и надпредметной. Только в этом случае студент, владеющий РЭПР - компетенцией, в состоянии применять свои способности в различных ситуациях и разных сферах инженерной и проектной деятельности. Кроме этого, РЭПР – компетенция потребует сложной интеллектуальной и эмоциональной организованности; целого набора навыков (навыки сотрудничества, понимания, аргументации, планирования...); реализуются на разных уровнях (от элементарного до глубокого), мобильна, подвижна, вариативна, применима в любой ситуации и на любом материале

В конечном итоге данная компетенция должна помочь в решении сложных нестандартных профессиональных задач как из одного вида деятельности, так и переносима на разные области деятельности.

Таким образом, РЭПР - компетенция является ключевой для инженерно-строительной и архитектурной проектной деятельности, что определяет значимость ее формирования [9,11]

Определим структуру РЭПР - компетенции с учетом современных подходов [13]. Как и любая

другая компетенция, она будет состоять из четырех основных компонентов: А - Рефлексивно-оценочный компонент; В - деятельностный компонент; С – познавательный или когнитивный компонент; D - мотивационно - ценностный компонент. Следует иметь ввиду, что иерархическая структура компетенции предполагает движение не от А к D, а наоборот от D к А. Т.е фундаментальным уровнем сформированности РЭПР – компетентности является мотивационно - ценностный компонент. Он основан и базируется на определенных ценностях и смыслах, на четком понимании и осознании энергоэффективности как системного процесса, позитивном отношении к использованию энергоэффективных решений и подходов при проектировании зданий и сооружений, развитии постоянного интереса к РЭПР.

Следующий познавательный (когнитивный) компонент основан на изучении теории энергоэффективности, приобретении умений и навыков, необходимых для профессиональной РЭПР. Используем организацию когнитивного компонента по Б. Блуму [13], который предложил шестиуровневую иерархическую структуру этого компонента: знание; понимание; применение; анализ; синтез; оценка. Используя эту иерархию раскроем когнитивный компонент РЭПР – компетентности, который, на уровне бакалавриата будет выглядеть следующим образом.

Деятельностный компонент основан на комплексе навыков организации проектно-конструкторской деятельности, предусматривающей энергоэффективность, и включает способы проектной деятельности, специальные конструкторские умения, отражающие возможность инженера в создании новых систем и технологий.

Рефлексивно-оценочный компонент определяет уровень развития самооценки, понимания собственной значимости в коллективе, ответственности за результаты своей деятельности, познания себя и самореализации в профессиональном общении. Данный компонент включает самоанализ и самооценку инженером своей деятельности с учетом достигнутых

результатов, позволяет осмыслить и оценить степень реализации поставленных целей.

Реализацией РЭПР - компетенции через перечисленные компоненты деятельности становится не передача информации, а развитие способностей у студентов компетентно решать проблемы и задачи, овладевать, иначе говоря, целостной профессиональной деятельностью. Все это мотивирует познавательную деятельность, учебную информацию и сам процесс обучения. А приобретение личностного смысла лишает информацию абстракции и превращается в личное знание студента [11].

Введенный на архитектурно-строительном факультете с 2011 г. учебный курс по энергоэффективности зданиям и сооружениям для архитекторов, несмотря на достаточно широкую предметную область, в силу специфики применения в строительстве, важен в формировании профессиональных методов и технологии эффективного использования энергии. Именно в отрасли строительства из-за наличия разнообразных с точки зрения конструктивных решений объектов, достаточно сложных инженерно-геологических и климатических условий, во главу угла ставится обеспечение их энергоэффективности. В данной области методы энергосбережения разработаны явно недостаточно. Поэтому поиск возможностей экономии энергетических и материальных ресурсов в процессах проектирования зданий и сооружений представляет собой весьма важную практическую задачу.

Решение указанных проблем нами видится в формировании РЭПР - компетенции на основе научно-исследовательской работы, направленность которой, в силу специфики курса, лежит в области энергосбережения. НИРС должна интенсифицировать учебный цикл посредством использования в процессе обучения элементов научной работы с элементами инновационной подготовки, направленных на повышение подготовки выпускаемых инженеров и архитекторов; воспитание стремления к самообразованию, творческой активности,

Таблица 1.

Шестиуровневая иерархическая структура когнитивного компонента по Б. Блуму: знание; понимание; применение; анализ; синтез; оценка.

Уровни целей по Б.Блуму	БАКАЛАВРИАТ
ЗНАНИЕ (воспроизведение важной информации)	<i>Определяет</i> процессы как многофакторные, случайные и нелинейные <i>Воспроизводит и корректно использует</i> основные понятия, связанные с энергоэффективностью, энергосбережением, ресурсосбережением, построением математических моделей и планированием эксперимента, факторными планами энергоэффективности зданий и сооружений
ПОНИМАНИЕ (объяснение важной информации)	Характеризует возможности методов определения энергоэффективности, границ его применения, возможные риски, степень надежности Оценивает точность полученных результатов

Таблица 1. Продолжение

ПРИМЕНЕНИЕ (решение закрытых проблем)	Анализирует задание по определению энергоэффективности зданий и сооружений. Выбирает метод теоретического расчета и планирования по определению параметров энергоэффективности проекта здания. Разрабатывает план эксперимента по определению параметров энергоэффективности. Проводит натурные опыты с помощью основных исследовательских позиций энергоэффективности. Рассчитывает модель здания и оценивает ее параметры с точки зрения энергоэффективности.
АНАЛИЗ (решение открытых проблем)	Устанавливает влияние различных факторов на показатели энергоэффективности. Строит необходимые зависимости. Определяет доверительные границы расчетных параметров. Устанавливает корреляционные связи.
СИНТЕЗ (нахождение уникальных ответов к проблемам)	Сопоставляет полученные результаты с уже известными. Обобщает результаты.
ОЦЕНКА (вынесение критических суждений, основанных на прочных знаниях)	Оценивает значимость и практическую пригодность полученных результатов

повышение качества, формирование творческого подхода при решении задач по обеспечению энергоэффективных решений и т.д.

Энергоэффективность предполагает не просто эффективное использование ресурсов, в том числе и в топливно-энергетическом секторе, но и является средством регулирования благоприятной среды обитания[3,4].

Внимание покупателей жилья к энергетическим проблемам постоянно растёт, хотя большинство из них знакомо с теплоизоляцией, а не с пассивными солнечными технологиями. Энергетический кризис может приходить и уходить, но счета на оплату энергии от этого не становятся меньше. Дом со значительно меньшей месячной оплатой в течение года будет иметь значительные преимущества на рынке, в сравнении с другими, не зависимо от того какая мировая цена на нефть.

Есть много различных путей сокращения счёта за энергию. Например, добавляя теплоизоляцию, можно увеличить энергоэффективность здания (эта мера имеет предел) однако увеличение энергетической эффективности здания с добавлением изоляции не заметно для потенциальных покупателей. Солнечное, открытое жизненное пространство, освещённое южными окнами, может иметь ключевое значение. В основном, окна популярны у покупателей жилья. В тоже время «пассивное солнце» может сделать окна производителями энергии в отопительный период.

Стратегия повышения энергетической эффективности здания состоит из четырёх основных этапов:

1. Сохранение энергии: уровень изоляции оболочки, контроль воздушной утечки, тип светопрозрачной конструкции [4], механическое оборудование и энергетическая эффективность приборов.

2. Солнечная инсоляция: рациональное увеличение площади окон южной ориентации за счёт окон других фасадов. Солнечная архитектура: следующий этап после сохранения энергии и солнечной инсоляции, чтобы завершить систему сбора, хранения и использования солнечной энергии: использование помещения солнечного нагрева, добавление требуемой термальной массы, применение мер по контролю и распределению энергии по всему дому.

3. Естественное охлаждение: применяя соответствующий проект и окружающую среду для охлаждения и повышения комфорта здания путём увеличения движения воздуха и используя солнцезащитные устройства.

Ключевые моменты стратегии «пассивного солнечного нагрева»:

1. Функционирование пассивных солнечных домов – они требуют в среднем около 30% меньше энергии на отопление чем обычные дома, а некоторые дома сохраняют ещё больше энергии.

2. Жильцы пассивных солнечных домов ставят комфорт, приятное жизненное пространство более важным для жизни, а потому главным при принятии решения о покупке, чем энергетические вопросы [5].

На тепловой режим здания существенное влияние оказывает система солнцезащиты, которая не накапливает энергию, но значительно уменьшает поступление солнечной энергии вовнутрь здания в жаркий период. И напротив, зимой эта система обеспечивает поступление тепла от солнца в жилые помещения.

Грамотно спроектированные солнцезащитные устройства могут значительно снизить пиковое потребление энергии на отопление, улучшить качество естественного освещения

интерьеров, снизить годовое потребление энергии на охлаждение от 5% до 15%. Солнцезащитные устройства могут улучшить визуальный комфорт, управляя бликами и снижая коэффициент контрастности, что приводит к увеличению производительности. Солнцезащитные устройства предполагают проектирование фасадов одного и того же здания с разным дизайном.

Использование солнечного регулирования и солнцезащитных устройств является важным аспектом многих энергоэффективных стратегий проектирования зданий. В частности, здания, которые используют пассивное солнечное отопление или естественное освещение часто зависят от хорошо продуманных солнцезащитных устройств.

### Выводы

1. Строителю следует выбирать пассивные солнечные технологии вместе с другими энергосберегающими мерами. Важная вещь состоит в том, что пассивная солнечная стратегия может добавлять не только энергетическую эффективность, но также обеспечивать востребованные качества: стиль, комфорт (без шума при работе приборов), привлекательный интерьер, высокий уровень перепродажи.
2. Пассивные солнечные технологии повышают энергоэффективность здания. Сокращение расходов на отопление до 30%.
3. Используются чистые, возобновляемые источники энергии для борьбы с растущей озабоченностью по поводу глобального потепления, кислотных дождей и разрушения озонового слоя.
4. Решение указанных проблем нами видится в формировании компетенции по разработке энергоэффективных проектных решений (РЭПР – компетенции) на основе научно-исследовательской работы, направленность которой, в силу специфики курса, лежит в области энергоэффективности.

### Литература

1. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года.
2. Ильичёв В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Социальные ожидания, жилищные программы и качество жизни на урбанизированных территориях// Промышленное и гражданское строительство. 2014. №2. С.3-7.
3. Passive Solar Buildings/ Unified Facilities Criteria (UFC), Department of Defense, USA// 2004, 84 p.
4. Faist W. 1993. Passive Houses in Central Europe, Kassel, Darmstadt.

5. Дворецкий А.Т., Клевец К.Н., Дворецкий Д.А. Энергоэффективная архитектура зданий в смешанном климате/ «Жилищное строительство». №3, Москва, 2015. С. 14-18.
6. Фролов В.В., Нурахов Н.Н., Степанов В.М. О формировании региональной модели обучения по энергосбережению и энергоэффективности [Текст] // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 4. В 2-х ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. Ч.1. 291 с.
7. Карпов. В.Н. Энергосбережение: метод конечных отношений [Текст] / В.Н.Карпов.- С-Пб, 2005. — С.138.
8. Осипова С.И. Формирование проектно-конструкторской компетентности студентов — будущих инженеров в образовательном процессе / С.И. Осипова, Е.Б. Ерцкина [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2007.- №6.- ч.3. www.science-education.ru/download/2007/06/2007\_06\_72.pdf.- режим доступа: свободный.
9. Ракутько С.А. Концепция энергосбережения как важная составляющая инновационного образования по инженерным специальностям в аграрном вузе/ С.А. Ракутько [текст] // Труды 6-й международной научно-практической конференции «Преподаватель высшей школы в XXI веке». Сборник 6.- Часть 1. – Ростов н/Д: Рост.гос.ун-т путей сообщения, 2008.- С. 240-243.
10. Фролов В.В. Энергоэффективность 2013: тенденции и приоритеты [Текст]// Вестник энергоэффективности, 2015, №3.
11. Ракутько, С.А. Обучение энергосбережению: компетентностный подход [Текст] /С.А.Ракутько. –Благовещенск, изд-во ДальГАУ, 2010. -209 с. - ISBN 978-5-9642-0123-
12. Компетентностный подход в образовательном процессе. Монография / А.Э. Федоров, С.Е. Метелев А.А. Соловьев, Е.В. Шлякова – Омск : Изд-во ООО «Омскбланкиздат», 2012. – 210 с.
13. Bloom, B.S., (Ed.). 1956. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain. New York: Longman.
14. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 08.03.01 – «Строительство» (бакалавриат), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 201;

## THE INTRODUCTION OF REQUIRED COMPETENCE IN DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT DESIGN SOLUTION FOR STUDENTS OF BUILDING AND ARCHITECTURE FL SPATIALITY OF FEDERAL UNIVERSITIES IN THE RUSSIAN FEDERATION

**Summary:** Modern activity of architects and engineer - builders is closely related to the development and direct creation of complex technical systems of buildings and structures, their functioning and control. Among the main areas of activity can be distinguished prospecting and design; production - technological and production - management; experimental - research; installation - commissioning and service - operational.

However, a fundamental component of any activity in the field of construction and architecture in our opinion should be considered as design activity. This allows us to say about the real need to introduce in the Federal State Educational Standards special kind of general professional competence - the competence to develop energy-efficient design solutions (DEDS - competence) is obligatory for students of all federal universities, with construction and architectural specialty. Implementation DEDS - competence in high schools bring students to a real professional activity, will make active knowledge, to teach not only the use of existing, but also seek the necessary knowledge to solve the problem. In these circumstances, the development DEDS - competence becomes the foundation of the future expert.

**Keywords:** competence, energy-efficient design solutions, passive solar energy, efficient buildings, shading devices

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАПОРНОГО МЕХАНИЗМА ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Боровский Б.И., Морозов А.Д., Ковалёв А.А., Анисов Д.С., Бородачев В.А.

Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, ул. Киевская 181.

kovaland59@mail.ru.

**Аннотация.** Рассмотрены основные расчетные соотношения для определения геометрических и режимных параметров шнекоцентробежного напорного механизма пневмомеханической установки сыпучих материалов.

**Ключевые слова:** центробежное колесо, лопасть, шнек, шнекоцентробежный напорный механизм, пневмомеханическая установка, экотехника.

### Введение

В настоящее время в нашей стране и за рубежом создано много разнообразных дорожных строительных машин [2, 5, 6, 7, 9, 10, 11] для переработки сыпучих материалов, но не все они в равной степени удовлетворяют все возрастающим требованиям технической и экологической безопасности.

Наиболее опасны в этом отношении пневмомеханические установки (ПМУ) с консольным шнеком, так как из-за недостатков компоновочной схемы возможно наведение воздушного моста между приемной и смесительной камерами, разгерметизация шнеконапорного механизма, и как следствие, прорывы запыленного воздуха в окружающую среду, что при определенных обстоятельствах может вызвать взрыв пыли.

Использование шнекоцентробежных колес или других шнекороторных рабочих органов в конструкции пневмомеханических установок для сыпучих материалов (например, песок, минеральный порошок, дорожный смет и пр.) позволяет нормализовать картину рабочего процесса в напорном механизме и устранить один из источников пылеобразования.

Предлагается рабочая гипотеза об изменении картины рабочего процесса в напорном механизме ПМУ о том, что сыпучий материал перемещается в каналах шнека и в межлопаточном пространстве центробежного колеса напорного механизма ПМУ подобно течению жидкости в центробежном насосе.

Процессы, происходящие при работе шнекового питателя и центробежного колеса ПМУ, относительно сложны и поэтому их всесторонний учет затруднителен.

Используя огромный научный потенциал в области интенсификации рабочих процессов грунтообрабатывающих и дорожных машин на базе использования различных активизаторов (бульдозерный отвал с роторным метателем, с газозвушной смазкой, с выступающим шнеком и газоструйной интенсификацией отбрасывания,

шнекороторный, дисковые фрезы, роторные метатели и пр.) накопленный в работах

Баловнева В.И., Баладинского В.Л., Горячкина В.П., Домбровского Н.Г., Емельяновой И.А., Исрафилова Н.А., Кавалерова А.А., Ничке В.В., Хмары Л.А., Холодова А.М., Федорова Д.И. и других исследователей, а также разработок в области центробежных насосов для жидкостей Боровского Б.И. и Морозова А.Д. в области ПМУ для сыпучих материалов можно предложить уточненные соотношения для расчета потерь энергии в шнекоцентробежном напорном механизме (ШЦНМ) загрузочной ПМУ.

### Основная часть

Наиболее близка к рассматриваемой тематике работа Н.А. Исрафилова, которой мощность привода машины с роторным рабочим органом, ось которого параллельна оси канала, определяется как совокупность нескольких составляющих (обозначения приведены согласно [10], страница 89):

$$N_{\text{ос}} = \frac{N_{\phi} + N_{\text{ом}} + N_{\text{л}} + N_{\text{м}} + N_{\text{нф}}}{\eta_{\text{ро}}} + \frac{N_{\text{неп}}}{\eta_{\text{неп}}} + \frac{N_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}},$$

л.с. (кВт),

где  $N_{\phi}$  – мощность на фрезерование;  $N_{\text{ом}}$  – мощность на отбрасывание грунта;  $N_{\text{л}}$  – мощность на преодоление трения грунта о лопатку;  $N_{\text{нф}}$  – мощность на преодоление неучтенных сопротивлений;  $N_{\text{неп}}$ ,  $N_{\text{н}}$  – мощность на подъем грунта и привод подъемных механизмов;  $\eta_{\text{ро}} = 0,6 - 0,7$  – к.п.д. привода рабочего органа;  $\eta_{\text{неп}}$  – к.п.д. перемещения;  $\eta_{\text{н}}$  – к.п.д. подъема груза и привода подъемных механизмов.

Проведем анализ формулы мощности. При определении составляющей фрезерования представляет интерес соотношение для определения толщины стружки и глубины погружения рабочего органа.

$$N_{\phi} = \frac{R \times k \times h' \times V_{\kappa}}{1965600}, \text{ кВт,}$$

где  $R$  – радиус фрезы, м;  $k = P_n / (c \times h')$  – удельное сопротивление фрезерованию, н/см<sup>2</sup>;  $c$  – наибольшая толщина стружки грунта;  $h'$  – глубина фрезерования, м;  $V_{\kappa}$  – скорость фрезерования, м/ч.

Составляющая мощности на отбрасывание грунта учитывает взаимосвязь угловой частоты вращения рабочего органа и скорости движения машины.

$$N_{от} = \frac{S \times V_{\kappa} \times \gamma_{\Gamma} \times \omega^2 \times R^2}{70560000}, \text{ кВт,}$$

где  $S$  – площадь углубленной в грунт части фрезы, м<sup>2</sup>;  $\gamma_{\Gamma}$  – удельный вес, кг/м<sup>3</sup>.

В формуле составляющей мощности на преодоление трения грунта о лопатку вводится коэффициент трения и времени движения частицы грунта по лопатке.

$$N_n = \frac{S \times V_{\kappa} \times f \times \gamma_{\Gamma} \times h' \times a_n \times \omega \times V_R}{35280000}, \text{ кВт,}$$

где  $V_R$  – относительная скорость частицы грунта в конце лопасти, м/с;  $a_n$  – коэффициент, учитывающий время пребывания частицы грунта на лопатке.

При определении затрат энергии на трение грунта о кожух учитывается путь трения грунта о кожух и концентрация частиц.

$$N_T = \frac{S \times V_{\kappa} \times f \times \gamma_{\Gamma} \times \omega^2 \times R^2 \times \alpha_B \times \varepsilon_0 \times \varepsilon_1}{35316000}, \text{ кВт,}$$

где  $\alpha_B$  – угол, соответствующий дуге внутренней поверхности кожуха, где происходит трение;  $\varepsilon_0$  – коэффициент, учитывающий расположение центра тяжести объема грунта на лопасти;  $\varepsilon_1$  – коэффициент, учитывающий концентрацию частиц внутри кожуха.

Неучтенные потери энергии связываются с высотой центра тяжести вырезаемого сечения грунта, который задается приближенно.

$$N_{нф} = \frac{S \times V_{\kappa} \times \gamma_{\Gamma} \times (H_0 - 2/3h')}{3600000}, \text{ кВт,}$$

где  $H$  – высота подъема грунта, м;  $H_0$  – высота центра тяжести направляющего раструба кожуха, м;  $2/3h'$  – приближенно высота центра тяжести вырезаемого сечения грунта.

Составляющая мощности на передвижение машины определяется традиционно.

$$N_{пер} = \frac{W \times V_{\kappa}}{3600000}, \text{ кВт,}$$

где  $W$  – суммарное тяговое сопротивление.

В предлагаемой методике потребную мощность можно определить как сумму мощностей одного или двух шнеков и центробежной части:

$$N = 2N_u + N_{ц/б},$$

где  $N_u$  – мощность одного шнека, кВт;

$N_{ц/б}$  – мощность центробежной части.

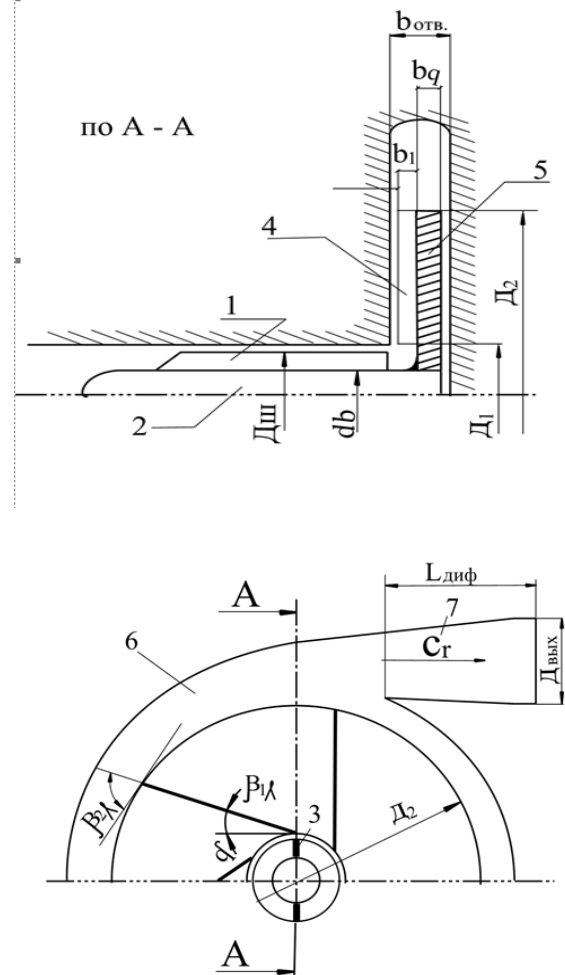


Рис. 1. Схема шнекоцентробежного напорного механизма.

1 – шнек; 2 – вал шнека; выходная кромка лопасти шнека; 4 – центробежного колеса; 5 – диск центробежного колеса; 6 – спиральный отвод; 7 – конический диффузор.

Рассмотрим определение мощности центробежной части, как сумму следующих составляющих: на увеличение окружной скорости потока ( $N_u$ ), на трение цемента о две поверхности диска и трение цемента о цемент, находящийся в осевом зазоре между лопастями и корпусом ( $2N_{оц}$ ), на трение цемента о внутренние поверхности спирального отвода ( $N_{омс}$ ):

$$N = N_u + 2N_{оц} + N_{омс}.$$

Мощность  $N_u$  определяется соотношением [4]

$$N_u = m C_{2u} u_2,$$

где  $m$  – массовая производительность, кг/с.

Трение цемента о поверхности диска зависит от давления. Для определения изменения давления по радиусу диска воспользуемся уравнением изменения количества движения в радиальном направлении [4], (рис.2).

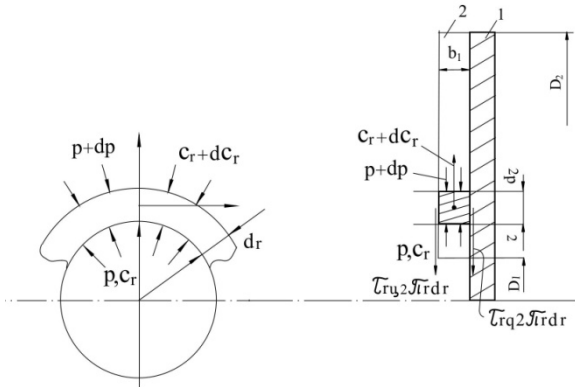


Рис.2. Определение изменения давления по радиусу центробежного колеса:

1- диск центробежного колеса; 2 – лопасть.

**Расчет геометрических параметров центробежного колеса.**

1.1 Внутренний диаметр колеса рис.3.

$$D_1 = D_{uu} + 2\delta_1$$

где  $\delta_1 = 1 \dots 5$  мм.

1.2 Ширина лопастей колеса.

$$b_1 = \frac{D_{uu}^2 - d_g^2}{4 \times (D_{uu} - 2\delta_1)}$$

1.3 Угол потока на выходе из шнека .

$$tg\beta_1 = \frac{C_{1z}}{u_1 - C_{1u}}$$

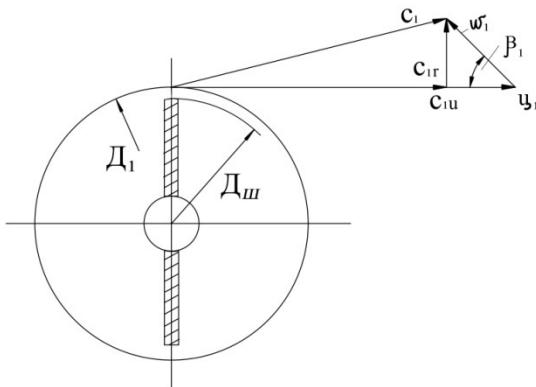


Рис. 3. Треугольник скоростей на входе в центробежное колесо.

1.4 Окружная скорость на среднем диаметре колеса .

$$u_1 = (\pi \times D_1 \times n) / 60$$

1.5 Радиальная составляющая абсолютной скорости потока при входе на лопасть .

$$C_{1r} = Q / (\pi \times D_1 \times b_1)$$

1.6 Окружная составляющая абсолютной скорости потока при выходе на лопасть .

$$C_{1u} = C_{2ucp} \times \frac{D_{uu} + d_g}{2D_1}$$

1.7 Окружная составляющая абсолютной скорости потока на среднем диаметре шнека .

$$C_{2ucp} = u_{cp} - C_{2z} \times ctg\beta_{2cp}$$

1.8 Осевая составляющая скорости потока в шнеке .

$$C_{2z} = 4Q_{вых} / (\pi(D_{uu}^2 - d_g^2))$$

1.9 Окружная скорость на среднем диаметре .

$$u_{cp} = \pi \times D_{cp} \times n / 60$$

1.10 Угол потока на среднем диаметре .

$$tg\beta_{2cp} = (S_1 + S_2) / (\pi(D_{uu} + d_g))$$

1.11 Количество лопастей.

Принимаем  $Z = 4 \dots 6$ .

1.12 Наружный диаметр колеса.

$$D_2 = (2 \div 3) \times D_1$$

1.13 Угол прямолинейных лопастей на выходе центробежного колеса .

$$\cos \beta_{2,l} = \bar{D}_1$$

где  $\bar{D}_1 = D_1 / D_2$  - относительный диаметр центробежного колеса.

1.14 Окружная скорость на выходе центробежного колеса.

$$u_2 = \pi \times D_2 \times n / 60$$

1.15 Окружная составляющая абсолютной скорости при бесконечном числе лопастей (см.рис.4).

$$C_{2z\infty} = u_2 - C_{2r} ctg\beta_{2,l}$$

1.16 Радиальная скорость на выходе из центробежного колеса .

$$C_{2r} = Q_{вых} / \pi \times D_2 \times b_1$$

1.17 Действительная окружная составляющая .

$$C_{2z} = \chi \times C_{2z\infty}$$

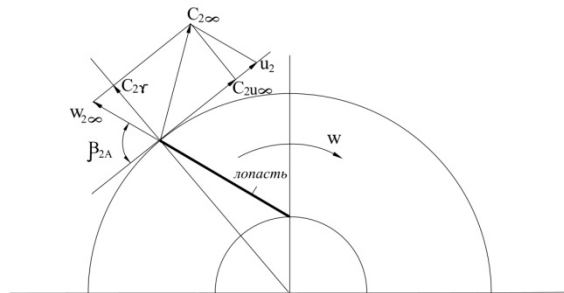


Рис.4. Треугольник скоростей на выходе центробежного колеса.

1.18 Коэффициент влияния конечного числа лопастей.

$$\chi = 1/1 + p_z$$

где  $p_z = 1,2 \times (1 + \sin \beta_{2,m}) / Z [1 - (D_1/D_2)^2]$ ,

2. Потребная мощность шнекоцентрибежного напорного механизма.

2.1 Общая потребляемая мощность.

$$N = 2N_{ш} + N_{ц/б}$$

2.2 Мощность центробежной части .

$$N = 2N_{ш} + 2N_{оц} + N_{отв}$$

2.3 Мощность на увеличение окружной скорости потока .

$$N_u = m \times C_{2u} \times u_2$$

где  $m$  – массовая производительность, кг/с.

2.4 Мощность на трение цемента о цемент и о две поверхности диска .

$$N_{оц} = (2\pi \times (f_1 + f_2) \times P_{ср}) \times \left[ C_{ш} \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} + \frac{C_{2u} - C_{1u}}{r_2 - r_1} \times \frac{r_2^3 - r_1^3}{3} - \frac{(C_{2u} - C_{1u})r_1}{2} (r_2 + r_1) \right]$$

2.5 Мощность на трение цемента о внутренние поверхности спирального отвода .

$$N_{отв} = f_1 P_{ср} F_{отв} C_{шотв}$$

2.6 Скорость в отводе.

$$C = (C_{2z} + C_z) / 2$$

3. Параметры отвода, сборника и диффузора.

3.1 Площадь горловины спирального сборника.

$$F_{Г} = Q / C_{Г}$$

3.2 Скорость в горловине спирального сборника .

$$0,6 \dots 0,7 = C_{Г} / C_{2u}$$

3.3 Скорость на выходе из конического диффузора .

$$C_{вых} = C_2 = \sqrt{C_{2иср}^2 + C_{2z}^2}$$

3.4 Ширина отвода.

$$b_{отв} = b_1 + b_0 + 2\delta$$

где  $b_0$  – ширина диска;  $\delta$  – величина зазора между лопастью центробежного колеса и стенкой улиткообразного корпуса.

3.5 Поверхность отвода.

$$F_{отв} = F_{сб} + F_{диф}$$

3.6 Поверхность спирального сборника.

$$F_{сб} = 2 \times \pi \times (r_2 + 0,5 \times h_{Г}) \times (h_{Г} + b_{отв})$$

3.7 Эквивалентная высота горловины.

$$h_{Г} = F_{Г} / b_{отв}$$

3.8 Средняя высота спирального сборника.

$$h_{ср} = h_{Г} / 2$$

3.9 Средний радиус сборника.

$$R_{ср} = r_2 + h_{Г} / 2$$

3.10 Площадь выхода из конического диффузора.

$$F_{вых} = Q_{вых} / C_{вых}$$

3.11 Длина конического диффузора.

$$l_{диф} = \frac{D_{вых} - d_{Г}}{2} \operatorname{ctg}(\alpha_3 / 2)$$

3.12 Диаметр выхода конического диффузора.

$$D_{вых} = \sqrt{4 / (\pi \times F_{вых})}$$

3.13 Эквивалентный диаметр горла конического диффузора.

$$d_{Г} = \sqrt{4F_{Г} / \pi}$$

3.14 Поверхность диффузора.

$$F_{диф} = 0,25(\pi \times D_{вых} + b \times h_{Г}) \times (D_{вых} - d_{Г}) \operatorname{ctg}(\alpha_3 / 2)$$

Пример расчета по предложенной методике приведен в таблице №1 «Пример расчета» и схема рассчитанного шнекоцентрибежного напорного механизма (ШЦНМ) экологически безопасной пневмомеханической установки (ПМУ) сыпучего материала на рис.4.

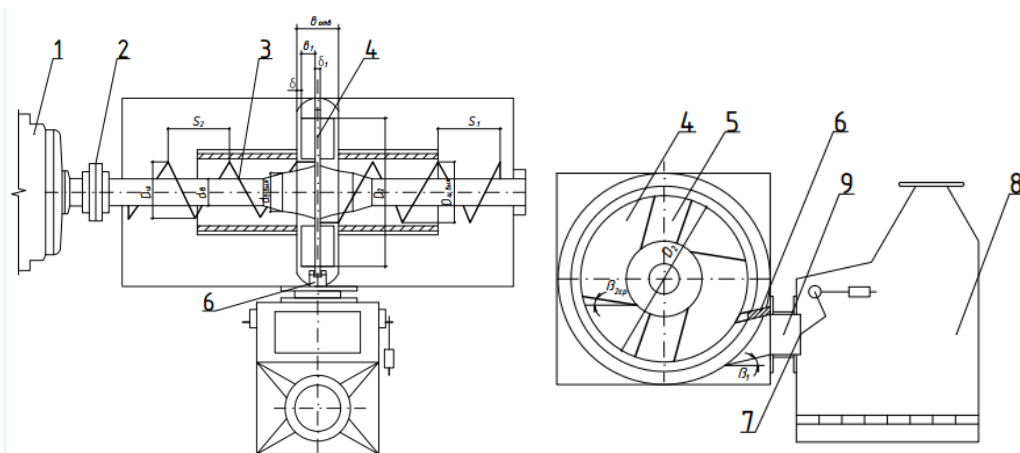


Рис. 5. Схема ШЦНМ экологически безопасной ПМУ.

1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – шнек; 4 – центробежное колесо; 5 – центробежного колеса; 6 – подрезающий нож; 7 – обратный клапан; 8 – отвод; 9 – смесительная камера.

Таблица 1.  
Последовательность расчета ШПЦ ПМУ.

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина	Примечание
1	2	3	5	6	7
Исходные данные					
1	Производительность	П	т/ч	200	
2	Материал	$\gamma$	т/м <sup>3</sup>	1,15	Цемент
3	Ориентировочная частота вращения шнека	n	об/мин	1000	
4	Давление в смесительной камере	P <sub>к</sub>	МПа	0,11	
2. Геометрические параметры шнека на входе в цилиндрическом корпусе					
5	Объемная производительность одного шнека	Q <sub>вх</sub>	м <sup>3</sup> /ч	114,4	Q <sub>вх</sub> =0,0316 м <sup>3</sup> /с
6	Суммарная производительность двух шнеков	Q <sub>вх</sub>	м <sup>3</sup> /ч	228,8	
7	Средняя осевая скорость	Q <sub>вх</sub>	м/с	1,27	
3. Геометрические параметры шнека на выходе из цилиндрического корпуса					
8	Диаметр шнека	Dш вых	м	0,200	Принимаем
9	Диаметр вала шнека на входе	dв. вых.	м	0,116	
10	Объемная производительность одного шнека	Q <sub>вых</sub>	м <sup>3</sup> /ч	86	Q <sub>вых</sub> =0,239 м <sup>3</sup> /с
11	Суммарная производительность двух шнеков	Q <sub>вых</sub>	м <sup>3</sup> /ч	172	
12	Эквивалентный шаг витков шнека	Sэ	м	0,079	
13	Шаг напорных витков	S2	м	0,88	
14	Средний диаметр	Dш ср вых	м	0,158	
15	Тангенс угла подъема винтовой линии на среднем диаметре	tgβ <sub>2ср</sub>	-	0,1774	β <sub>2ср</sub> =100° 03'36"
16	Коэффициент заполнения	Kз	-	0,7	
18	Производительность	П	т/ч	178	
19	Мощность	Nш	кВт	99,8	
20	Толщина лопасти	δп	м	0,006	Принимаем
21	Заборные витки	пз	шт	2	Принимаем
22	Напорные витки	пн	шт	4	Принимаем
23	Удельные энергозатраты	Nуд	кВт/ч	0,28	

Таблица 1. Продолжение

4. Параметры центробежного колеса					
24	Внутренний диаметр	D1	м	0,184	
25	Ширина лопастей колеса	b1	м	0,037	
26	Угол потока на выходе из шнека	tgβ1	град	0,2792	β1=15036'
27	Окружная скорость на внутреннем диаметре	u1	м/с	9,63	
28	Радиальная составляющая абсолютной скорости потока при входе на лопасть	C1r	м/с	1,72	
29	Окружная составляющая абсолютной скорости потока при входе на лопасть	C1u	м/с	3,47	
30	Окружная составляющая абсолютной скорости на среднем диаметре шнека	C2ucp	м/с	4,84	
31	Осевая составляющая абсолютной скорости потока в шнеке	C2z	м/с	1,75	
32	Окружная составляющая на среднем диаметре	ucp	м/с	8	
33	Угол потока на среднем диаметре	tgβ2cp	рад	0,506	β2cp=26050'
34	Число лопастей	Z	шт	4	
35	Наружный диаметр колеса	D2	м	0,46	
36	Угол прямолинейных лопастей на выходе ц/б колеса	cosβ2Л	-	0,4	β2Л=66025'
37	Окружная скорость на выходе ц/б колеса	u2	м/с	24,07	
38	Окружная составляющая абсолютной скорости потока при бесконечном числе лопастей	C2u∞	м/с	23,47	
39	Радиальная скорость на выходе ц/б колеса	C2r	м/с	0,68	
40	Действительная окружная составляющая	C2u	м/с	14,11	
41	Коэффициент влияния конечного числа лопастей	χ	-	0,5937	
5. Потребляемая мощность двухшнековым ШЦНМ					
43	Давление на наружном диаметре диска	P2	МПа	7,74	
44	Среднее давление	Pcp	МПа	3,925	
45	Мощность на трение цемента о две поверхности диска	Nд	кВт	1,56	
46	Мощность на трение цемента о цемент	Nц	кВт	2,6	
47	Массовая производительность	m	кг/с	55,56	
48	Мощность на увеличение окружной скорости потока	Nu	кВт	18,87	

Таблица 1. Продолжение

49	Мощность на трение цемента о внутренние поверхности отвода	Notv	кВт	3,9	
50	Скорость в отводе	Cuotv	м/с	11,64	
51	Скорость в горловине спирального сборника	Cr	м/с	9,17	
52	Скорость на выходе из конического диффузора	Cвых	м/с	5,15	
53	Мощность	N	кВт	79,19	
6. Параметры отвода, спирального сборника и конического диффузора					
54	Площадь горловины спирального сборника	Fr	м <sup>2</sup>	0,008	
55	Ширина отвода	вотв	м	0,044	
56	Эквивалентная высота горловины	hr	м	0,091	
57	Средняя высота спирального сборника	hcp	м	0,0455	
58	Средний радиус сборника	Rcp	м	0,01375	
59	Площадь поверхности спирального сборника	Fcb	м <sup>2</sup>	0,1166	
60	Площадь поверхности диффузора	Fдиф	м <sup>2</sup>	0,1650	
73	Площадь поверхности отвода	Fотв	м <sup>2</sup>	0,2816	
74	Длина конической части диффузора	ldиф	м	0,196	
75	Эквивалентн. угол конического диффузора	ctgαэ/2	-	5,6713	αэ=100
76	Площадь выхода из диффузора	Fвых	м <sup>2</sup>	0,014	
77	Диаметр выхода из конического диффузора	Dвых	м	0,134	
78	Эквивалентный диаметр горла конического диффузора	dГ	м	0,1	

### Выводы

1. В настоящее время одним из наиболее эффективных направлений развития машин для земляных и дорожных работ [2, 6, 7, 9, 12 и др.] является создание машин с комбинированными рабочими органами многофункционального назначения для активизации процессов грузовой переработки сыпучих сред;

2. Основная научная гипотеза предложенной методики расчета заключается в использовании кинематической аналогии течения жидкости и перемещения сыпучего материала в каналах шнека [1, 3, 4, 5, 8 и др.];

3. Теоретическое обоснование параметров комбинированных рабочих органов экологически безопасных пневмомеханических дорожных машин для сыпучих материалов базируется на объединении преимуществ землеройно-транспортной техники [2,10] и пневмомеханических установок [6, 9, 11] для сыпучих материалов, шнекового оборудования для переработки полимеров [3, 8] и жидкостных насосов [1, 4, 5].

### Литература.

- Боровский Б.И., Ершов Н.С., Селифонов В.С. Расчет и проектирование шнекоцентробежного насоса: Учебное пособие/Под ред. проф. Б.В. Овсянникова.- М.: МАИ 1987.- 77 с.
- Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1983. – 183 с.
- Берхардт Э. Переработка термопластических материалов. – М.: Госхимиздат, 1961. – 747 с.
- Боровский Б.И. Энергетические параметры и характеристики высокооборотных лопастных насосов. – М.: Машиностроение, 1989. – 184 с.
- Боровский Б.И., Морозов А.Д., Ковалёв А.А. Использование кинематической аналогии течения жидкости для расчета геометрических параметров шнеков пневмовинтового оборудования // Строит. и дорожные машины.- 1993. №1.-С.21-23.
- Калинушкин М.П., Орловский З.Э., Сегаль И.С. Пневматический транспорт в строительстве. – М.: Госстройиздат, 1961, - 162 с.
- Ковалёв А.А. Анализ и определение составляющих мощности пневмомеханической дорожной установки для сыпучих материалов: Сборник научных трудов НАПКС. Строительство и техногенная безопасность, Симферополь, вып. 2005. № 11.- с. 121 – 125.
- Мак-Келви Д.М. Переработка полимеров. – М.: Химия, 1965. – 444 с.
- Малевич И.П. Машины и оборудование для пневматического транспортирования цемента на заводах сборного железобетона. М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1982. – 44 с.
- Мер И.И. Мелиоративные машины. – М.: Колос, 1964. – 367 с.
- Пневмотранспортные установки. Справочник. Воробьев А.А., Матвеев А.И., Носко Г.С., Шапунов М.М. и Аннинский Б.А. –Л.: Изд-во «Машиностроение», 1969. - 200 с.
- Расчет и проектирование напорного механизма пневматической винтовой установки для транспортирования сыпучих строительных материалов / Ковалёв А.А. - Симферополь.: Таврия, 1995. – 176 с.

**Summary.** The main settlement ratios for determination of geometrical and regime parameters of the shnekotsentrobezhny pressure head mechanism of pneumomechanical installation of bulks are considered

**Key words:** centrifugal wheel vane, screw, shnekotsentrobezhny pressure mechanism rotor installation, ekotechnika.

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ КЛЕЕНОГО ДЕРЕВЯННОГО БРУСА С УЧЕТОМ ЕГО СУЧКОВАТОСТИ

Зайцева К.В., Титунин А.А., Ибрагимов А.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромской государственный технологический университет (КГТУ)», г. Кострома, ул. Дзержинского, 17.

kseniya\_zaiцева@mail.ru

**Аннотация:** В статье представлен алгоритм расчета коэффициента теплопроводности клееного бруса в зависимости от числа ламелей, плотности сучковой и бессучковой древесины, влажности и температуры древесины, диаметра и количества сучков в ламелях. Для определения влияния сучковатости ламелей на коэффициент теплопроводности всего бруса, авторами был вычислен показатель встречаемости сучков в ламелях каждого сорта. Приведены результаты исследований влияния на теплопроводность клееного бруса наличия сучков в его ламелях. Установлены количественные зависимости между коэффициентом теплопроводности клееного бруса и объемом сучковой древесины в ламелях, что позволяет изготавливать брус с заданными теплотехническими свойствами. В статье представлены в табличной форме значения коэффициентов теплопроводности для ламелей в зависимости от их сортности. Результаты просты в физическом понимании и практическом использовании и представлены для проектировщиков в аналитической форме, для производителей – в табличной.

**Ключевые слова:** клееный брус, сортность ламелей, коэффициент теплопроводности

### Введение.

#### Анализ материалов и методов

На российском рынке все чаще встречаются новые материалы из древесины, разрабатываются технологии их производства [1, 2, 3, 4]. Одним из таких высокотехнологичных материалов является деревянный клееный брус, обладающий рядом положительных свойств, обуславливающих его активное использование в современном строительстве, таких как стабильность геометрических форм, высокое качество наружных поверхностей, прочность, сейсмостойкость, сокращенные сроки строительства и т.д. [5].

При проектировании ограждающих конструкций из клееного бруса, используют справочные данные коэффициента теплопроводности цельной древесины [6], которые не учитывают наличие и количество сучков, клеевые прослойки и другие факторы, влияющие на теплофизические показатели материала.

#### Цель и постановка задачи исследований

Целью работы является разработка методики расчета коэффициента теплопроводности для деревянного клееного бруса, состоящего из ламелей разных сортов. На основе методики рассчитать справочные значения коэффициентов теплопроводности ламелей в зависимости от их сортности, представить эти значения в удобной для проектировщиков в аналитической форме, для производителей – в табличной.

#### Основные результаты и их анализ

Для изготовления клееного бруса, как правило, применяются хвойные пиломатериалы (сосна, ель, лиственница) согласно требованиям ГОСТ 8486-86 [7].

При производстве клееного бруса допускается применение пиломатериалов других

пород древесины согласно дополнительным техническим условиям, учитывающим специфику изготовления бруса и условия его эксплуатации. В зависимости от качества наружных слоев ламели в брус могут быть трех сортов: А, В и С. Качество внутренних слоев может либо быть таким же, либо на один–два сорта ниже. Сортность древесины определяется наличием и количественными показателями пороков. Пороки древесины определяют и измеряют согласно требованиям ГОСТ 2140–81 [8].

Сучки являются одним из основных сортообразующих пороков, допускаемых в ламелях. Многочисленные натурные наблюдения, проведенные авторами в ходе исследования, показали, что в ламелях для производства клееного бруса в основном встречаются сучки, проходящие по отношению к направлению волокон в ламелях под углом  $90^{\circ}$  или близким к нему. При прохождении теплового потока через клееный брус такие сучки являются своеобразными температурными мостиками холода, и приведенное сопротивление теплопередаче бруса ниже, чем для бруса с ламелями без сучков.

Для определения влияния сучковатости ламелей на коэффициент теплопроводности всего бруса, авторами был вычислен показатель встречаемости сучков в ламелях каждого сорта.

На рисунках 1, 3, 5 представлены гистограммы распределения диаметров сучков на 1 погонный метр длины для каждого сорта, анализ которых позволяет сделать вывод, что наиболее встречаемые диаметры сучков от 20 до 30 мм, при этом количество сучков в среднем 1–3 шт. (см. гистограммы, представленные на рис. 2, 4, 6).

При определении термического сопротивления клееного бруса любого сорта согласно нормам [6] используют коэффициент теплопроводности  $0,18–0,23 \text{ Вт/м}\cdot\text{С}$ , при этом

коэффициент теплопроводности для ламелей сорта С больше, чем для сорта А.

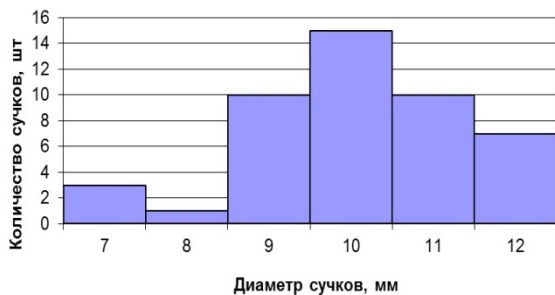


Рис. 1. Гистограмма распределения диаметров сучков в сорте А

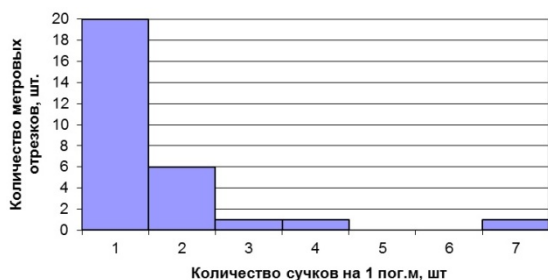


Рис. 2. Гистограмма распределения встречаемости сучков на 1 пог. м длины в сорте А

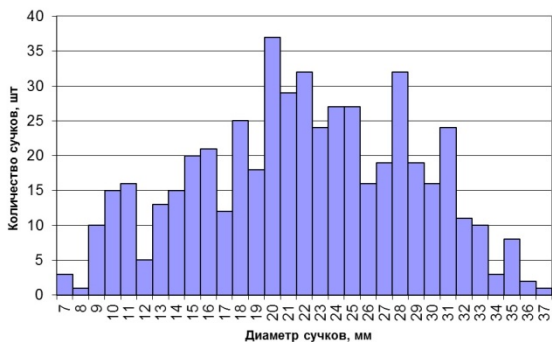


Рис. 3. Гистограмма распределения диаметров сучков в сорте В

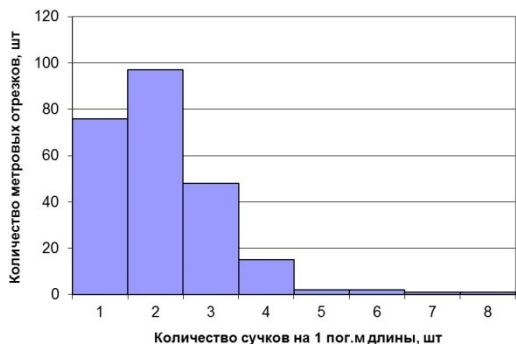


Рис. 4. Гистограмма распределения встречаемости сучков на 1 пог. м длины в сорте В

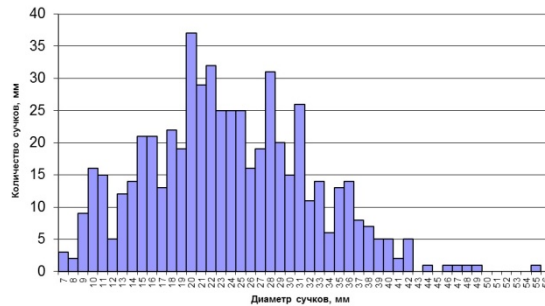


Рис. 5. Гистограмма распределения диаметров сучков в сорте С

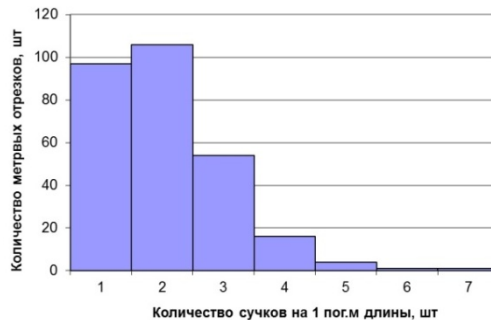


Рис. 6. Гистограмма распределения встречаемости сучков на 1 пог. м длины в сорте С

Для определения коэффициента теплопроводности клееного бруса в зависимости от сортности применяемых ламелей был определен коэффициент теплопроводности сучковой древесины. При этом приняты следующие допущения и гипотезы:

- для производства клееного бруса используют ламели, не содержащие сердцевину, поэтому изменением диаметра сучка по толщине ламели пренебрегаем;
- сучки в ламелях из древесины хвойных пород расположены мутовчато и проходят практически под прямым углом к оси ствола [9];
- объём сучка вычисляется как объём цилиндра диаметром, равным среднему диаметру сучка и высотой, равной толщине ламели;
- априори направление волокон в сучках и ламелях принимаем прямолинейным;
- плотность цельной древесины и древесины сучков – постоянные величины;
- влажность и температура бруса является также постоянными величинами.

Для расчетов коэффициента теплопроводности предлагает использовать формулу [10]:

$$\lambda = K_x \cdot \lambda_{бер} \cdot K_\rho, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность древесины определяемой породы, Вт/(м<sup>0</sup>С);

$K_x$  – коэффициент, учитывающий направление волокон; (у сучков волокна направлены вдоль теплового потока, поэтому  $K_x = 2,2$  [10]);

$\lambda_{бер}$  – коэффициент теплопроводности древесины для березы при  $\rho_6 = 500$  кг/м<sup>3</sup> в направлении поперек волокон, Вт/(м<sup>0</sup>С);

$K_p$  – коэффициент, учитывающий плотность древесины.

Общепринято определять коэффициент теплопроводности древесины березы  $\lambda_{бер}$  в зависимости от влажности и температуры древесины по диаграмме, приведенной в [11]. В данной работе на ее основе предлагается к использованию для расчета коэффициент теплопроводности древесины березы следующая зависимость

$$\lambda_{бер} = 0,00497 W + 0,000217 T + 0,1426, \quad (2)$$

где  $W$ ,  $T$  – соответственно влажность, % и температура древесины,  $^{\circ}\text{C}$ .

В отличие от табличных значений коэффициента  $K_p$ , рассчитанных по методу Серговского П.С. [10], авторами предлагается в математической модели для других пород древесины использовать формулу:

$$K_p = 4,7652 \cdot \rho^2 - 2,7287 \cdot \rho + 1,188$$

Или

$$K_p = 4,7652(\rho - 0,4993)^2 - 2,03\rho, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность древесины,  $\text{т/м}^3$ .

Например, по формулам (2, 3) был рассчитан коэффициент теплопроводности сучковой древесины сосны при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и конструкционной влажности 12 %, который составил  $0,92 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ .

Эти формулы справедливы для расчета коэффициента теплопроводности для любой породы как сучковой, так и бессучковой древесины.

Формула для расчета коэффициента теплопроводности  $\lambda_{бр}$ ,  $\text{Вт/м}^{\circ}\text{C}$  клееного бруса, учитывающая диаметр и количество сучков в ламелях, а также число ламелей, выведена в [11] и имеет вид

$$\lambda_{бр} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \pi d_{ср_i}^2 \delta_{л_i})}{4V_{бр}} \cdot (\lambda_c - \lambda_{др}) + \lambda_{др}, \quad (4)$$

где  $\lambda_c$ ,  $\lambda_{др}$  – теплопроводность соответственно сучковой и бессучковой древесины,  $\text{Вт/м}^{\circ}\text{C}$ ; определяется с использованием формулы (1);

$m$  – количество сучков в одной ламели, шт.;

$n$  – количество ламелей в брус, шт.;

$V_{бр}$  – объем бруса,  $\text{м}^3$ ;

$\delta_{л_i}$  – толщина  $i$ -той ламели, м;

$d_{ср}$  – средний диаметр сучков  $i$ -той ламели, м.

$$V_{бр} = \delta_{бр} H L, \quad (5)$$

где  $\delta_{бр}$ ,  $H$ ,  $L$  – соответственно толщина, высота и длина бруса, м.

В ходе численного эксперимента с использованием разработанной модели (4) были рассчитаны коэффициенты теплопроводности при разных диаметрах сучков и их встречаемости на 1 метре длины. Расчеты представлены в виде диаграммы (рис. 7).

Из данной диаграммы видно, что при возрастании объема сучковой древесины, т.е. при снижении сортности ламелей, увеличивается коэффициент теплопроводности, что соответствует физике явления.

Для оценки значимости влияния диаметра и количества сучков на коэффициент теплопроводности были проведены исследования с использованием аппарата однофакторного дисперсионного анализа.

Расчеты показали, что дисперсии не однородны и диаметр сучков значимо влияет на выходную величину – коэффициент теплопроводности, т.е. при теплотехнических расчетах следует учитывать сортность ламелей.

При проектировании тепловой защиты зданий определяющим является условие

$$R_{тр} \leq R_{расч}, \quad (5)$$

где  $R_{тр}$  – требуемое сопротивление теплопередаче,  $\text{м}^2 \cdot \text{C/Вт}$ ;

$R_{расч}$  – расчетное сопротивление теплопередаче,  $\text{м}^2 \cdot \text{C/Вт}$ .

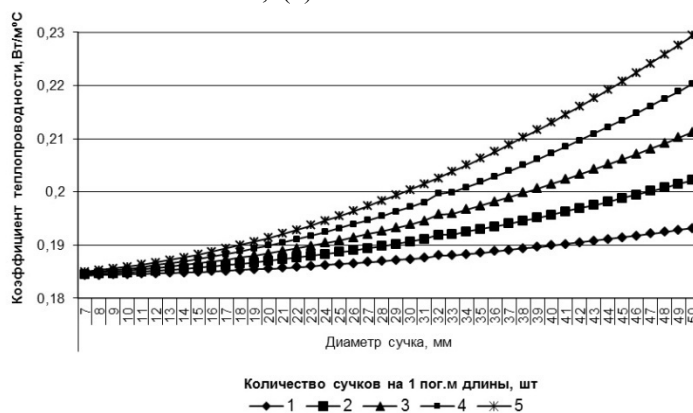


Рис. 7. Диаграмма влияния диаметра и количества сучков на коэффициент теплопроводности древесины

Согласно [6] сопротивление теплопередаче слоя ограждающей конструкции рассчитывают по формуле:

$$R_{\delta p} = \frac{\delta_{\delta p}}{\lambda_{\delta p}}, \quad (6)$$

где  $\delta_{\delta p}$  – толщина бруса, мм;  
 $\lambda_{\delta p}$  – коэффициент теплопроводности клееного бруса, Вт/(м<sup>0</sup>С).

Согласно номенклатуре выпускаемых изделий на конкретном производстве толщина внутренних и наружных ламелей, высота и длина бруса нормируется. Используя данные гистограмм 1...6 и формулы (1...4) можно рассчитать значения коэффициентов теплопроводности для ламелей из древесины разных пород, сортности, сечения. В

таблице 1 (в качестве примера) представлен диапазон значений коэффициента теплопроводности для ламелей высотой 150 мм сортов А, В, С.

**Выводы**

Основываясь на полученных результатах можно констатировать, что разработки имеют практическую направленность, их предлагается использовать производителями (при подборе ламелей в клееном брус с заранее заданными теплотехническими свойствами) и проектировщиками (при теплотехнических расчетах многослойных ограждающих конструкций, содержащих в своем составе слой из клееного бруса).

Таблица 1.

Значения коэффициентов теплопроводности в зависимости от сортности ламелей

Количество сучков на 1 пог. м ламели, m	Диаметр сучков, мм										
	7	8	...	35	36	37	...	50	51	...	56
1	0,212	0,212		0,216	0,217	0,217		0,221	0,221		0,223
2	0,212	0,212		0,221	0,221	0,222		0,230	0,231		0,235
3	0,212	0,213		0,225	0,226	0,227		0,240	0,241		0,247
4	0,213	0,213		0,230	0,231	0,232		0,249	0,250		0,258
5	0,213	0,213		0,235	0,236	0,237		0,258	0,260		0,270
6	0,213	0,213		0,239	0,241	0,242		0,267	0,270		0,282
7	0,213	0,213		0,244	0,245	0,247		0,277	0,279		0,293
8	0,213	0,214		0,248	0,250	0,252		0,286	0,289		0,305

Примечание: □ – сорт А; ■ – сорт Б; ■ – сорт С

**Литература**

1. Войтюк М.М. Практические аспекты применения нанотехнологий в сельском деревянном домостроительстве [Текст] / Техника и оборудование для села. 2014. № 5. С. 45–48.
2. Вержбовский Г.Б. Применение композитных материалов в бревенчатых и брусчатых домах [Текст] / Научное обозрение. 2014. № 7–3. С. 892–894
3. Луговая В.П. Деревянное малоэтажное домостроение с рациональным использованием древесины [Текст] / Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 178–181.
4. Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П. Материалы и технологии в малоэтажном строительстве [Текст] / Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. № 5 (160). С. 22–27.
5. Коваль А.О., Дугнист С.В. Проблемы деревянного домостроения в России и перспективы его развития [Текст] / Ползуновский альманах. 2009. №3. Т.2. С.162-164.
6. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» [Текст].
7. ГОСТ 8486-86 Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 28 с.
8. ГОСТ 2140–81 Пороки древесины. Классификация. Термины и определения, способы измерения [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1980. –120 с.
9. Полубояринов О.И. Сучковатость древесного сырья [Текст] / О.И. Полубояринов. – Л., ЛТА, 1972. – 56 с.
10. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины [Текст] / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 360 с.
11. Титунин А.А. Математическая модель теплопроводности клееного бруса и ее применение при проектировании ограждающих конструкций деревянных зданий [Текст] / А.А. Титунин, К.В. Зайцева / Вестник Костромского государственного технологического университета, №20. – Кострома: КГТУ, 2009. – С. 114–117.

## FEATURES OF DETERMINATION OF RESISTANCE OF A HEAT TRANSFER OF A GLUED WOODEN BAR TAKING INTO ACCOUNT EXISTENCE OF KNOTS

**Summary:** The algorithm of calculation of coefficient of heat conductivity of a glued bar depending on quantity of lamels, on density of knotty and anknotty wood, humidity and temperature of wood, diameter and quantity of knots in lamels is presented in article. The indicator of occurrence of knots in lamels of each grade was calculated by authors for definition of influence of a suchkovatost of lamels on coefficient of heat conductivity of all bar. Results of researches of influence on heat conductivity of a glued bar of existence of knots in its lamels are given. Quantitative dependences between coefficient of a heat-conducting glued bar and volume of knotty wood in lamels are established that allows to make a bar with the set heattechnical properties. Values of coefficients of heat conductivity for lamels depending on their rating are presented in a tabular form in article. Results are simple in physical understanding and practical use and for designers are presented in an analytical form, and for production workers are presented in tabular.

**Keywords:** glued bar, sorts of lamels, heat conductivity coefficient

# ИССЛЕДОВАНИЕ НДС НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ПРИ УСИЛЕНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ С ПРИВЕДЕНИЕМ К НОРМАМ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Меннанов Э.М., Перешиткин К.А.

КФУ АСА, ул. Киевская, 181.

mennanov.elmar@mail.ru, ctquot\_h@mail.ru

**Аннотация:** Рассмотрено состояние вопроса о необходимости реконструкции памятников архитектуры с приведением к нормам сейсмостойкости. Проведен численный эксперимент по моделированию, расчету и усилению каменного простенка с учетом геометрии трещин в ПК ЛИРА.

**Ключевые слова:** сейсмостойкость; памятники архитектуры; трещина; усиление.

## Введение

Двадцать процентов территории России находится в сейсмоопасных зонах, где возможны толчки в 7 баллов и выше [1].

По данным, представленным государственными органами охраны объектов культурного наследия субъектов Российской Федерации, по состоянию на 31 декабря 2013 г. под государственной охраной находилось 133627 объектов культурного наследия: 129499 памятников, 3489 ансамблей, 639 достопримечательных мест. При этом в составе ансамблей насчитывалось 18919 памятников [3].

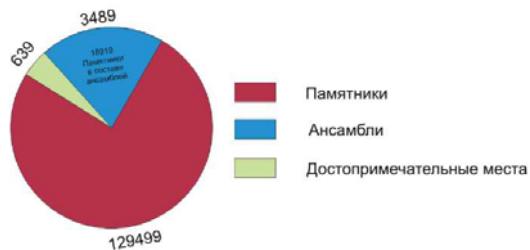


Рис. 1 - Количество объектов культурного наследия в РФ на 2013 год

По сведениям, поступившим из органов исполнительной власти 83 субъектов Российской Федерации, уполномоченных в сфере охраны объектов культурного наследия, состояние памятников, стоящих на государственной охране оценивалось как: хорошее состояние - 14% памятников, удовлетворительное - 58%, неудовлетворительное - 19%, аварийное - 6%, руинированное - 3% (не оценено около 29% объектов) [3].

В большинстве своем памятники архитектуры возводились во времена, когда о землетрясениях было известно мало и соответственно до появления норм сейсмостойкости. В это связи, нормы сейсмозащиты, действующие в данное время, часто не выполняются.

Обычно усиления реализуют во время капитального ремонта или реставрации зданий памятников архитектуры. Цель усиления состоит в том, чтобы, допуская появление неизбежных локальных дефектов в элементах зданий при землетрясении, обеспечить их общую устойчивость.

При этом практически исключается гибель людей и значительно сокращаются материальные и историко-архитектурные потери из-за обрушения конструкций [2].

Историческое и культурное наследие Крыма включает в себя и насчитывает около сотни культурных сооружений, многие из которых нуждаются в реставрации (как по причине неудовлетворительного состояния несущих конструкций, так и по причине требований строительных норм)[4]. Реставрация памятников архитектуры с приведением к нормам сейсмостойкости представляется важной задачей, так как восстановление их первоначального вида и возможность их эксплуатировать необходимы для культурного развития региона и страны. При этом существует необходимость обеспечить сохранность первоначального великолепия памятников архитектуры.

## Цель исследований:

Разработка методики численного анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) строительных конструкций памятников архитектуры.

## Задачи исследований:

- разработка и адаптация методики (рекомендаций) по обследованию основных строительных конструкций памятников архитектуры, зданий и сооружений, расположенных на территории Республики Крым;
- разработка и апробация ранее известных методик расчета и анализа НДС основных конструкций памятников архитектуры с учетом их повреждений и усиления;
- разработка и апробация рекомендаций по усилению основных конструкций памятников архитектуры.

## Научная гипотеза:

Сохранность памятника архитектуры может быть обеспечена за счет введения (усиления при помощи) скрытого каркаса (с обеспечением действующих норм сейсмостойкости зданий и сооружений), который в свою очередь, будет способствовать перераспределению растягивающих

усилий и воспринимать усилия от сейсмического воздействия.

С целью разработки алгоритма расчета усиления каменной кладки с трещинами был проведен численный эксперимент в ПК ЛИРА.

**Задачи численного эксперимента:**

1. Создать численную модель каменного простенка с оконным проемом. Произвести расчет модели и выявить положения трещин.
2. Создать численную модель каменного простенка с учетом образовавшихся трещин. Произвести расчет модели с трещинами и подобрать необходимое усиление.
3. Проанализировать результаты расчетов модели с трещинами с усилением и исходной модели с усилением

**Ход выполнения:**

1. Сгенерирован простенок размером 6х3м с оконным проемом 3х1,6м и перемычкой 0,4х0,4м.
2. Пластинам назначен тип жесткости 1 (значения приняты, как для кладки из блоков легкого природного камня марки М100), стержням перемычки назначен тип жесткости 2 (таблица 1, рис. 2).
3. Загружение модели. Добавлены следующие нагрузки: постоянные, длительные нагрузки и сейсмическое нагружение. Создано РСН, учитывающее все нагружения.
4. Расчет модели (рис. 3) и анализ результатов.

Таблица 1.  
Таблица жесткостей

Тип жесткости	Имя	Параметры (сечения-(см) жесткости-(МН,м) расп.вес-(МН,м))
1	Пластина Н 40	E=1500,V=0.25,H=40,Ro=0.02
2	Брус 40 X 40	Ro=0.02,E=30000,GF=0 B=40,H=40

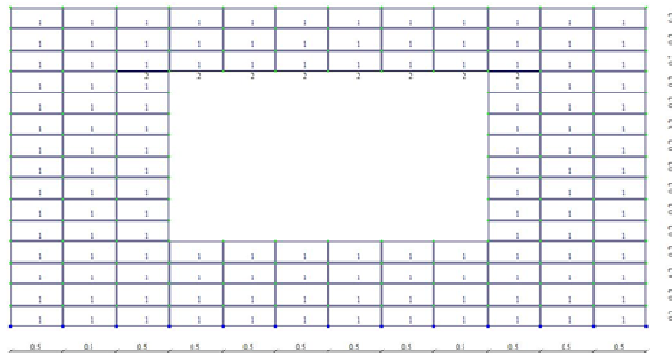


Рис. 2. Расчетная схема каменного простенка

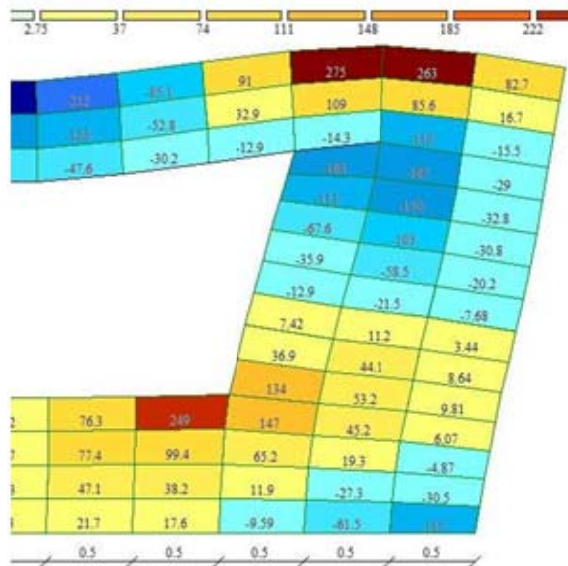


Рис. 3 – Фрагмент мозаики усилий Nx в исходной модели (с перемещениями в измененном масштабе)

Расчетное сопротивление растяжению данной кладки составляет  $180 \text{ кН/м}^2$ , соответственно в местах превышения данного значения будут образовываться трещины. Максимальные значения в данной расчетной модели равны  $275 \text{ кН/м}^2$  и  $249 \text{ кН/м}^2$ . Таким образом именно в этих местах в первую очередь будут наблюдаться трещины.

#### Моделирование трещин (рис. 4).

Моделирование трещин производится посредством функции создания шарниров с расшивкой узлов. Расшивка производится по одному узлу (начиная с места максимальных усилий) до тех пор, пока усилия в прилегающих пластинах не становятся меньше допустимых ( $180 \text{ кН/м}^2$ ). Также добавляются дополнительные узлы на условном расстоянии  $0,1 \text{ м}$  от узлов, через которые будет производиться последующее усиление.

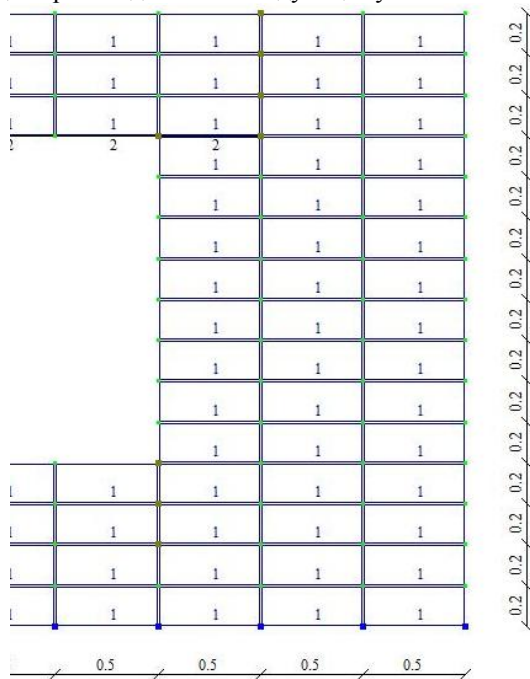


Рис. 4 – Фрагмент расчетной схемы каменного простенка с расшивкой узлов (трещинами)

Расчет модели с трещинами (рис 5) и анализ результатов.

#### Подбор усиления.

В местах наибольшего раскрытия трещин добавлено усиление в виде двух равнополочных уголков. Привязка стержней осуществляется «через» расшитый узел, т.е. к двум близлежащим по горизонтали узлам.

Площадь сечения стержней усиления должна быть подобрана так, чтобы выполнялись следующие условия: усилия  $N_x$  в исходной модели (без расшивки узлов) не должны превышать допустимые ( $180 \text{ кН/м}^2$ ); усилия  $N$  в стержне усиления в модели с трещинами не должны превышать предельные растягивающие усилия (для  $2L_{32} \times 4 \text{ С235}$  – около  $100 \text{ кН}$ ). Максимальная экономия материала усиления будет достигаться при приближении усилий  $N_x$  к максимальным допустимым.

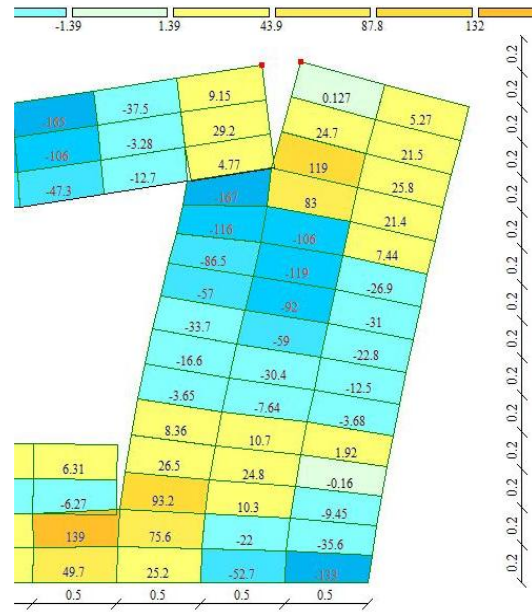


Рис. 5 – Фрагмент мозаики усилий  $N_x$  в модели с трещинами (с перемещениями в измененном масштабе)

Максимальная ширина раскрытия верхней трещины составляет  $0,8 \text{ мм}$ , а нижней –  $0,3 \text{ мм}$ ; максимальные горизонтальные усилия равны  $119 \text{ кН/м}^2$  для верхней трещины и  $139 \text{ кН/м}^2$  для нижней.

С добавлением усиления максимальная ширина раскрытия верхней трещины уменьшилась до  $0,05 \text{ мм}$ , а нижней – до  $0,1 \text{ мм}$ ; максимальные горизонтальные усилия равны  $114 \text{ кН/м}^2$  для верхней трещины и  $101 \text{ кН/м}^2$  для нижней. Максимальные продольные усилия в стержне усиления равны  $33,8 \text{ кН}$  ( $< 100 \text{ кН}$ ).

Из рис. 7 можно видеть, что теперь максимальные усилия в местах трещин составляют  $160 \text{ кН/м}^2$  и  $162 \text{ кН/м}^2$  ( $< 180 \text{ кН/м}^2$ ), а значит дальнейшее появление и раскрытие трещин предотвращено.

Для достижения более высокой точности моделирования трещин и подбора усиления следует применять более мелкую разбивку простенка на пластины.

На существующих объектах подлежащих реконструкции, данный алгоритм предполагается применять следующим образом:

- Вычисление фактических характеристик материалов конструкций и нагрузок на рассматриваемую конструкцию или объект в целом.
- Создание численной модели с учетом геометрии дефектов в ПК ЛИРА.

В настоящее время автором готовятся методические рекомендации по обследованию, расчету и усилению памятников архитектуры и объектов культурного наследия. Методика включает в себя анализ НДС численной модели здания (объемно-пространственная схема) при помощи метода конечных элементов, реализованного в ПК ЛИРА. Численный эксперимент (анализ модели) позволяет выявить локации с максимальными (запредельными) значениями усилий, перераспределение их, как



## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНОГО СИЛОСА В СЕЙСМОПАСНЫХ РАЙОНАХ

Синцов В.П. , Митрофанов В.А. , Синцов А.В.

Академия строительства и архитектуры Крымского Федерального Университетаг. Симферополь, ул. Павленко, 5, корпус 2, к. 301.

E-mail: sin59@bk.ru

**Аннотация.** В работе приведены данные исследований напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов стального силоса для хранения цемента завода по производству железобетонных конструкций. Разработана пространственная модель стального силоса с опорной конструкцией. Представлены результаты численных исследований НДС элементов стального силоса при нагрузках на период изготовления, эксплуатации и сейсмического воздействия.

**Ключевые слова:** стальной силос для хранения цемента, численные исследования, расчетная компьютерная модель..

### Постановка задачи

Инженерное сооружение силос - листовая крупноразмерная емкость, установленная на опорные подсилосные сквозные конструкции и предназначенная для временного хранения и выгрузки сыпучих материалов (рис. 1.6). Опорожнение силосов производится через расположенные в нижней их части специальные выпускные отверстия. Для улучшения условий истечения материала, силосы заканчиваются суживающейся частью, называемой воронкой. Для лучшего истечения цемента в разгрузочной части установлено побудительное устройство - электродвигатель с эксцентриком. Стальные силосы применяются исключительно круглыми и проектируются они в соответствии с указаниями [1].

Данное инженерное сооружение установлено в п. Укромное Симферопольского района г. Симферополя. Данный район по действующему на территории Российской Федерации нормативному документу относится [4]. В соответствии с микрорайонированием территории Крыма, которое выполнял институт геофизики земли академии наук Украины, п. Укромное Симферопольского района относится по сейсмической активности к 7-ми бальной зоне по шкале Рихтера, однако с учетом инженерно-геологических условий строительства при проектировании принята 8-ми бальная зона [5].

Цель данной работы - запроектировать надежное сейсмостойкое сооружение с учетом местных инженерно-геологических условий на основе расчета пространственной компьютерной модели сооружения.

### Создание расчетной модели.

Силос запроектирован с учетом нагрузок от давления сыпучего материала - цемента, собственной массы конструкций, временных нагрузок - снеговой, ветровой и монтажных нагрузок на перекрытие, а также особой - сейсмическое воздействие.

Давление сыпучего материала - цемента определено с учетом высоты столба и его физико-

механических свойств и угла наклона к горизонту рассматриваемой плоскости [6,9].

Расчетные нагрузки от давления цемента определены умножением нормативных давлений на коэффициент надежности по нагрузке, равный для силоса 1,3. Остальные нагрузки, коэффициенты надежности по нагрузке и сочетания нагрузок принимались по технологическому заданию и [3].

При расчете на сжатие стенок силосов и колонн подсилосной этажерки расчетная нагрузка от массы сыпучего материала умножалась на коэффициент 0,9. Коэффициенты условий работы принимались для колонн 0,9, в остальных случаях 1,0 [1,2,6..9].

Инженерное сооружение - силос включает в себя вертикальную листовую конструкцию диаметром 3,5 м и высотой 9,5 м с конусной частью высотой 2,5м, которые установлены на подсилосную этажерку высотой 4,0 м, выполненную из трубчатых элементов и развязанных между собой крестовыми связями из одиночного уголка, а также конструкции ограждения и лестницы.

Расчетная модель соответствует требованиям действующих нормативных документов по проектированию листовых металлических конструкций. Расчетная модель выполнена в программном комплексе «Лира 9.6» представлена на рис.1.6 [10]. При моделировании приняты следующие типы конечных элементов:

– для несущих и связевых элементов подсилосной этажерки - тип 10 пространственный стержень с осевой, сдвиговой, изгибной и крутильной жесткостью;

– для несущих элементов вертикальной и конусной листовой конструкции силоса два типа конечных элементов оболочки - 42 треугольный и 44 четырехугольный.

Количество в модели: узлов 626; элементов 739. Закрепления модели принято шарнирное, которое соответствует фактическому конструктивному решению опорного узла подсилосной этажерки.

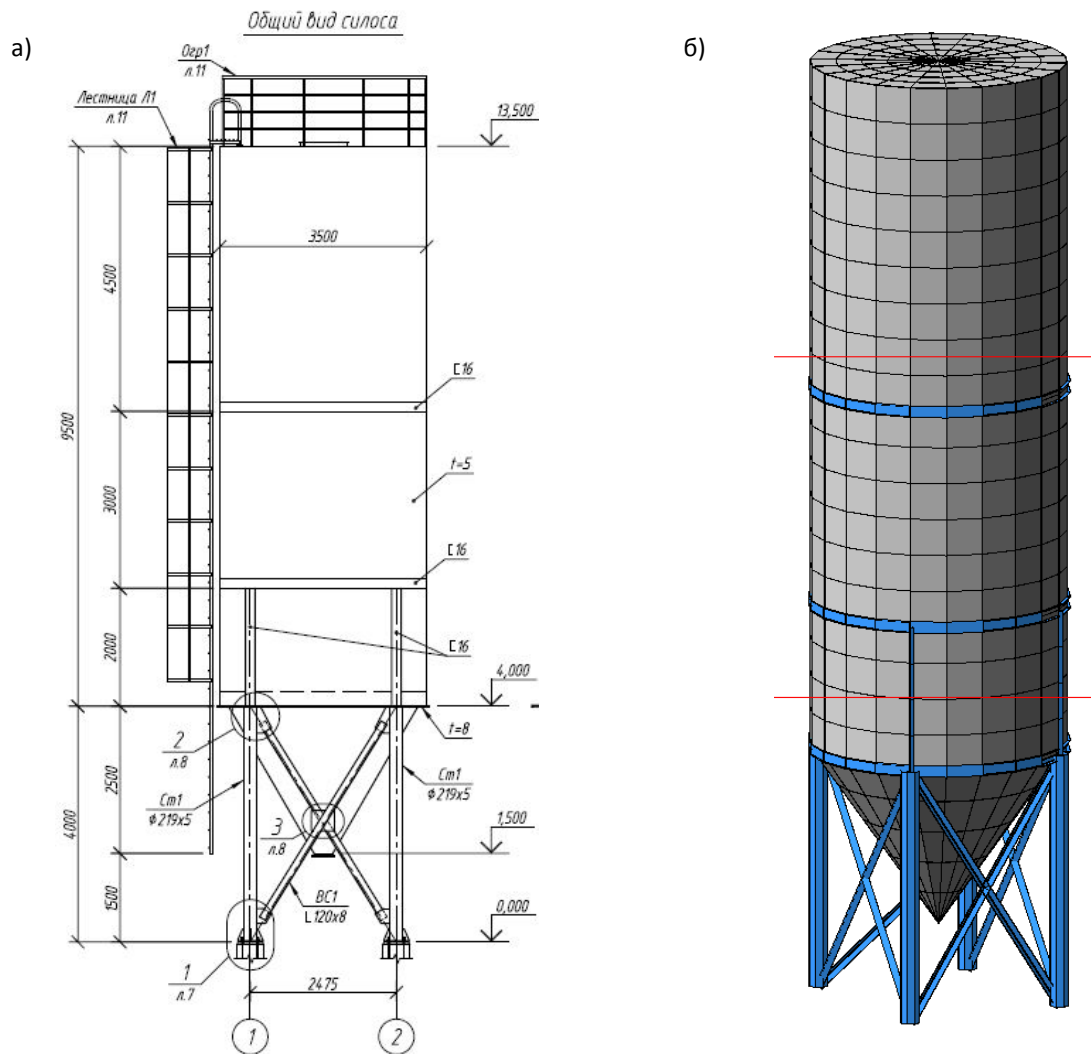


Рис. 1. Инженерное сооружение - силос с подсилосной этажеркой. а) - конструктивная схема инженерного сооружения; б) - расчетная схема инженерного сооружения.

Нагрузки на модель силоса разделены на две категории: весовые и вызываемые воздействием окружающей среды (не весовые). К постоянным нагрузкам относятся: собственный вес несущих и ограждающих конструкций. Переменные нагрузки разделяются на временные (длительные и кратковременные) - технологическая (собственный вес цемента), снеговая, ветровая, и особые - сейсмическое воздействие. Нагрузки моделировались в виде пакетов распределенных и сосредоточенных сил, и приведенных масс при расчете на сейсмику. Расчетная схема, назначение жесткостей, объединения перемещений, нагрузки задавались в редакторе «Расчетная схема. Лира 9.6».

#### Критерии предельной прочности. Результаты расчета.

Проверка несущих элементов инженерного сооружения "силоса" - листовых конструкций и подсилосной этажерки выполнена по напряжениям формулам разделов 7, 8, 9 [2].

При определении напряжений в расчетных сечениях элементов листовых конструкций (в

середине пластины), предельные критерии прочности (п. 8.1 [2]):

$$\sigma_{ef} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq \gamma_c \cdot R_y,$$

$$\sigma_x \leq \gamma_c \cdot R_y,$$

$$\sigma_y \leq \gamma_c \cdot R_y,$$

$$\tau_{xy} \leq 0,58 \cdot \gamma_c \cdot R_y.$$

где  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  - комплекты напряжений в конструкции в рассматриваемой точке, каждый из которых учитывает совместное действие глобальных и локальных нагрузок;

$\gamma_c = 0,9 - 1,0$  - коэффициент условий работы (табл. 1 [2]);

$R_y = 240 \text{ МПа}$  - расчетное сопротивление стали класса С255 при растяжении, сжатии и изгибе листового и фасонного проката (табл. В.5 [2]).

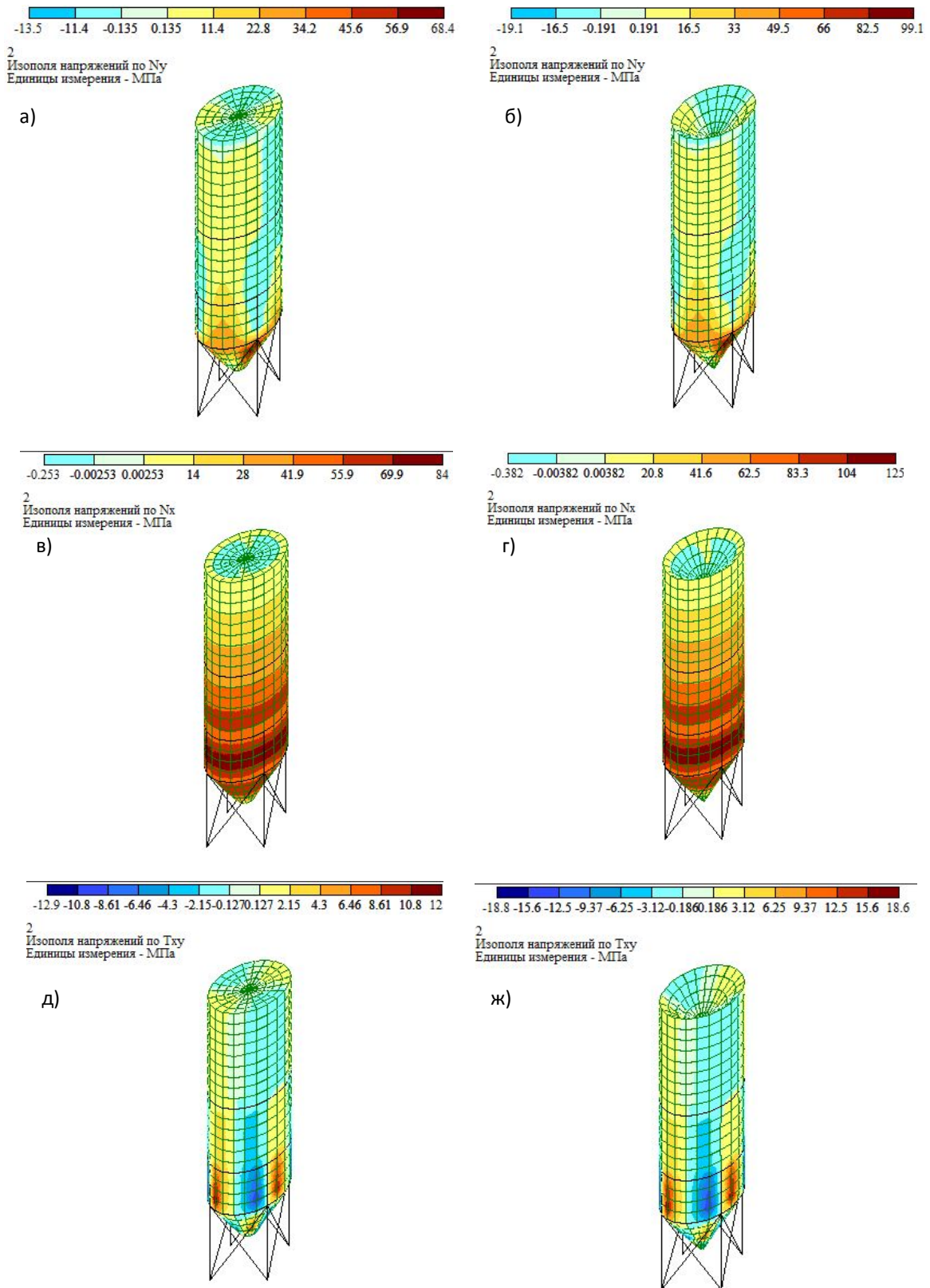


Рис. 2. Результаты расчета инженерного сооружения.  
 а, б - продольные (меридиональные) нормальные напряжения в элементах силоса;  
 в, г - поперечные (кольцевые) нормальные напряжения в элементах силоса;  
 д, ж - касательные напряжения в элементах силоса.

Результаты расчета получены визуально в редакторе «Графический анализ. Лира 9.6» в виде мозаик перемещений узлов и мозаик напряжений в элементах оболочек и в виде таблиц напряжений в редакторе «Печать таблиц и Документирование. Лира 9.6» от расчетных сочетаний нагрузок (РСН), которые учитывают все возможные комбинации действующих нагрузок [10].

Для анализа уровня напряжений в элементах инженерного сооружения "силоса" было выбрано одно из наихудших сочетаний нагрузок - РСН №2 (нагрузки на инженерное сооружение "силоса": собственный вес, собственный вес цемента, особая - сейсмическая). При этом варьировался уровень сейсмической нагрузки – от 6-ти до 8-ми баллов по шкале Рихтера. Отдельные результаты расчетов представлены на рис. 2.

При анализе результатов расчетов по мозаикам напряжений в деформированной схеме (РСН №2) при 6-ти балльной сейсмической нагрузке выявлены наиболее нагруженные элементы вертикальной и конической частей силоса со следующими значениями продольных (меридиональных), поперечных (кольцевых) нормальных напряжений  $\sigma_x = -0,2... + 84 МПа$ ,  $\sigma_y = -13,5... + 68,4 МПа$ , касательных и приведенных напряжений,  $\tau_{xy} = -12,9... + 12,0 МПа$ ,  $\sigma_{ef} = 80,0 МПа$ , что значительно ниже расчетного уровня допустимых напряжений. При увеличении сейсмичности района строительства до 8-ми баллов получены следующие значения продольных, поперечных нормальных напряжений  $\sigma_x = -0,4... + 125 МПа$ ,  $\sigma_y = -19,1... + 99,1 МПа$ , касательных, приведенных напряжений  $\tau_{xy} = -18,6... + 18,6 МПа$ ,  $\sigma_{ef} = 120 МПа$ . Полученные значения напряжений также ниже расчетного уровня допустимых напряжений.

### Вывод

Созданная пространственная модель инженерного сооружения позволила определить сечения элементов вертикальной и конической частей силоса и поперечных сечений элементов подсилосной этажерки. При этом отмечено повышение уровня напряжений в листовых элементах силоса в 1,45 раза с изменением сейсмической нагрузки с 6-ти балльной до 8-ми балльной. По результатам расчета была запроектирована и построена конструкция силоса и подсилосной этажерки, удовлетворяющая всем требованиям нормативных документов.

### Литература

- СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция. СНиП 2.09.03-85. Минрегион-развития РФ. Москва 2012.

- СП 16.13330.2011. "Стальные конструкции". Актуализированная редакция. СНиП П-23-81\*. Минрегионразвития РФ. Москва 2011.
- СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная версия СНиП 2.01.07-85\*. Минрегион России, 2010.
- СНиП П-7-81\* "Строительство в сейсмических районах". Гострой СССР. Москва. 1982.
- ДБН В.1.1-12:2006. "Будівництво у сейсмічних районах України" МБАтаЖКГ України Київ 2006.
- Металлические конструкции. 3-й т. Справочник проектировщика. [Текст] / Под общей редакцией В.В. Кузнецова – М.: Издательство АСВ, 1998. 760 с. - ISBN 5-274-01465-8.
- Расчет стальных конструкций. [Текст] / Лихтарников Я.М., Ладыженский Д.В., Клыкков В.М. Под общей редакцией Лихтарникова Я.М. - 2е изд.-К.: Будівельник, 1984г. – 336 с.
- Проектирование металлических конструкций: специальный курс / под ред. В. В. Бирюлева. — Л.; Стройиздат, 1990. — 432 с.
- Листовые металлические конструкции. [Текст] / Лессиг Е.Н., Лилеев А.Ф., Соколов А.Г. М., Стройиздат, 1970. — 335 с.
- Пакеты прикладных программ для автоматизированного проектирования конструкций [Текст] / М. С. Барабаш, Ю. Д. Гераймович, А. Н. Кекух [и др.]; Под ред. академика РААСНА. С. Городецкого. – К. : Факт, 2006. – 112 с.
- Волосович О.В. Алгоритмизация расчета железобетонной неразрезной балки [Текст] / Волосович О.В., Волосовим О.И. // Строительство и техногенная безопасность : сб. научн. тр. / НАПКС. - Симферополь, 2012. - Вып. 43. - С. 21-24.
- Жигна В.В. Особенности механизма исчерпания несущей способности трехслойными сборно-монолитными железобетонными элементами стен при внецентренном сжатии [Текст] / Жигна В.В., Лнтоученко С.П. // Строительство и техногенная безопасность : сб. научн. тр. / НАПКС. - Симферополь, 2012. - Вып. 43. - С. 24-31.
- Литовчснко П.А. Распределение напряжений в нормальном сечении облегченных трёхслойных сборно-монолитных железобетонных панелей при изгибе [Текст] / Литовчснко П.А., Глушаков Н.И. // Строительство и техногенная безопасность: сб. научн. тр. /НАПКС. - Симферополь, 2012. - Вып. 43. - С. 31-36.
- Осипов О.Ф. Выбор рациональных технологических решений при замене перекрытий реконструируемых жилых зданий. [Текст] / Осипов О.Ф., Акимов С.Ф. // Строительство и техногенная безопасность: сб. научн. тр. /НАПКС. - Симферополь, 2012. - Вып. 43. - С. 36-43.

## FEATURES OF DESIGNING OF STEEL SILOS IN THE EARTHQUAKE-PRONE AREAS

**Summary.** Final research data of the stress-strain state (SSS) of elements of a steel silo for storage of cement plant for the production of reinforced concrete structures. The spatial model of a steel silo with the supporting framework is developed. Results of numerical researches SSS of elements of a steel silo at loads of the period of production, operation and seismic influence are presented.

**Keywords:** steel silos for storage of cement, numerical researches, design a computer model.

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Шейна С.Г. \*, Миргородская Е.О., Миненко Е.Н. \*\*

Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

rgsu-gsh@mail.ru\*, minenkoevgenija@rambler.ru\*\*

В статье рассмотрены особенности применения метода оценки стоимости жизненного цикла зданий в России и за рубежом. Выявлены проблемные аспекты расширения сферы применения данного метода для оценки проектов энергоэффективных, экологичных зданий в российских условиях, предложены перспективные направления его дальнейшего развития. Авторами дана краткая характеристика современных расчетно-проектных программ, используемых в системе «зеленых» стандартов для интеграции оценки затрат жизненного цикла в процесс создания информационной модели экологичного здания.

**Ключевые слова:** оценка стоимости жизненного цикла зданий, зеленые здания, энергоэффективность, зеленые стандарты.

### Введение

В зарубежной и российской практике для оценки эффективности реализации проектов, направленных на повышение энергоэффективности зданий, широко используют такие методы и индикаторы, как простой и дисконтированный срок окупаемости, показатель чистой дисконтированной стоимости, индекс доходности, внутренняя норма доходности и др.

Анализируя расходы на протяжении всего жизненного цикла здания (рис. 1), можно сделать вывод, что эксплуатационные затраты составляют наибольшую часть общих расходов [1].

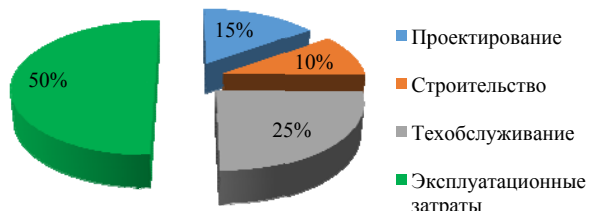


Рис.1. Распределение затрат на протяжении всего жизненного цикла здания

Стоимость эксплуатации и содержания объектов недвижимости накапливается с течением времени, поэтому она является одним из важнейших показателей эффективности проекта наряду со стоимостью инвестиций. Это объясняет все большую популярность и значимость, приобретаемую в последние годы таким методом, как оценка стоимости жизненного цикла (СЖЦ) зданий. В его основе лежит учет не только единовременных инвестиционных затрат на реализацию проекта, но и будущих расходов, связанных с эксплуатацией, содержанием, ремонтом, а также утилизацией строительного объекта.

### Анализ публикаций, материалов

Концепция учета затрат жизненного цикла продукции является одним из ведущих инструментов экологического менеджмента в

Европейском союзе (ЕС). Ее широко применяют для оценки эколого-экономических, социальных аспектов реализации проектов в системе производства различной продукции, а также утилизации отходов в течение уже длительного времени [2]. Анализируя имеющуюся научно-методическую базу экономического анализа совокупной стоимости приобретения, владения и утилизации продукции Европы и Америки [3, 4, 5], можно сделать вывод, что данный метод имеет большой и многолетний опыт своего применения за рубежом в различных областях экономики: в машиностроении, электронике, традиционной и альтернативной энергетике, производстве продуктов питания, дизайне продукции. В 2004 г. был принят международный стандарт МЭК 60300-3-3 «Менеджмент функциональной надежности. Часть 3-3. Оценка стоимости жизненного цикла. Руководство по применению», содержащий общие положения по расчету затрат жизненного цикла различных систем и процессов. По отношению к зданиям и сооружениям данная концепция стала применяться после принятия Директивы 2010/31/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза по энергетической эффективности зданий [6].

В российскую систему проектирования оценка стоимости жизненного цикла стала активно внедряться сравнительно недавно. В 2012 г. был подготовлен стандарт ГОСТ Р 27.202-2012 «Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла», содержащий общую концепцию разработки модели и оценки стоимости жизненного цикла продукции. В 2014 г. Национальным объединением проектировщиков (НОП) была разработана методика расчета жизненного цикла жилых зданий с учетом стоимости совокупных затрат. Указанная методика прошла апробацию при расчетах затрат жизненного цикла энергоэффективных домов, построенных в ряде регионов нашей страны. Одним из таких объектов стал энергоэффективный «Дом Надежды» в г. Болохово Тульской области [7].

**Цель и задачи исследования**

Цель данной статьи – исследование особенностей применения метода оценки стоимости жизненного цикла зданий в нашей стране. Для ее достижения поставлены следующие задачи:

- выполнить анализ научно-методической базы и опыта практического применения метода СЖЦ в России и за рубежом;
- обосновать актуальность применения данного метода при проектировании зданий;
- провести анализ имеющихся информационно-аналитических систем по расчету СЖЦ продукции, в том числе зданий;
- выявить проблемные аспекты применения метода оценки стоимости жизненного цикла для экологичных ресурсосберегающих зданий в нашей стране.

**Основной раздел с результатами и анализом**

Рассмотрим основные этапы жизненного цикла здания, расходы на которых учитываются при расчетах его стоимости в России и за рубежом (рис. 2 и 3).



Рис. 2. Фазы жизненного цикла, учитываемые при расчете стоимости жизненного цикла строительного объекта в Европе [8]

Как видно из данных схем, европейская система оценки стоимости жизненного цикла здания в большей степени ориентирована на принятие экологичных ресурсосберегающих решений. Это находит свое выражение, например, в принятии решения о дальнейшем использовании строительных отходов: преимущество отдается их переработке и вторичном использовании для нового строительства, в качестве сырья для производства

материалов и изделий. А также в применении местных строительных материалов, произведенных с минимальными энергетическими затратами, что существенно снижает объемы добычи минеральных ресурсов, транспортные расходы, выбросы парниковых газов и др.

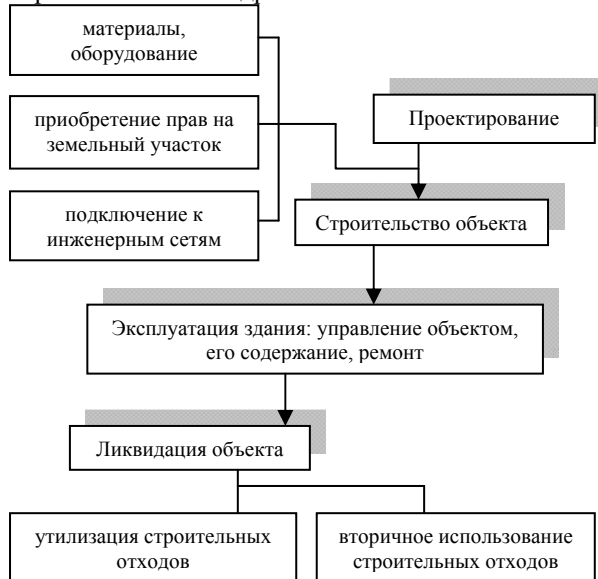


Рис. 3. Фазы жизненного цикла строительного объекта, учитываемые в расчетах согласно методике НОП [9]

Затраты на протяжении всего срока службы строительного объекта учитываются также прямо или косвенно при оценке его соответствия требованиям современных версий стандартов «зеленого» строительства – German Sustainable Building Certification system (DGNB), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) v4, Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) [10].

В соответствии с методикой, предложенной Национальным объединением проектировщиков России, для учета применения в проекте экологичных и энергоэффективных материалов, технологий, его соответствия экологическим нормам вводится поправочный коэффициент – интегрированный показатель энергоэффективности и «зелености» здания [9]. Данный коэффициент учитывает рейтинг здания, прошедшего сертификацию по стандарту «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные» – СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011, и класс его энергоэффективности.

Определение стоимости жизненного цикла зданий – один из современных, активно развивающихся способов сравнительной оценки альтернативных проектов зданий с различным уровнем энергоэффективности и соотношением начальных и эксплуатационных затрат, в которых реализованы одинаковые требования к техническим характеристикам здания [9].

Как показывают многочисленные расчеты, выполненные по методу СЖЦ, совокупная стоимость владения энергоэффективным зданием, построенным с учетом современных

ресурсосберегающих решений, может быть на 40% ниже по сравнению с обычным зданием, хотя затраты на первоначальном этапе на порядок выше [7]. Например, для 12-квартирного энергоэффективного жилого дома, построенного в рамках проекта «Экодолье Оренбург», это различие с обычным домом составило 47% [11]. Для 27-квартирного энергоэффективного жилого дома, построенного в г. Егорьевск Московской области, – 40%, а для 127-квартирного энергоэффективного дом в г. Климовск Московской области – 38% [11].

Таким образом, метод СЖЦ может быть использован для оправдания проектных решений энергоэффективных зданий с более низким воздействием на окружающую среду, но, возможно, более затратных на первоначальном этапе.

Актуальность применения метода учета затрат всего жизненного цикла здания в строительстве, прежде всего, в проектировании, обусловлена кругом задач, которые он решает в этой области, а именно:

- обеспечивает экономически обоснованное внедрение энергоэффективных, экологических технических решений;
- ориентирует инвесторов-застройщиков на реализацию оптимальных с технической, экологической и экономической точек зрения строительных решений при создании объектов;
- обеспечивает точную, достоверную и открытую информацию о будущих затратах, связанных с эксплуатацией и последующей ликвидацией строительного объекта;
- создает однородную конкурентную среду;
- способствует принятию взвешенного решения по вопросам реализации проектов энергоэффективных, экологических зданий, приобретения объектов в собственность или взятия в аренду.

Кроме того, распространение такой практики на рынке недвижимости мотивирует проектировщиков и застройщиков на повышение качества строительных работ, выбор таких материалов, конструкций, инженерных систем, которые имеют длительные сроки эксплуатации, являются экологически безопасными, могут быть вторично использованы в производстве или утилизированы с минимальными затратами.

Учитывая важность распространения опыта применения данного подхода к оценке эффективности проектов ресурсосберегающих экологических зданий в нашей стране, следует отметить имеющиеся на этом пути трудности. К ним следует отнести, например, отсутствие необходимой информации о величине экологического ущерба, наносимого различными строительными материалами, что связано с закрытостью информации и тем, что нужные данные не собираются и не систематизируются должным образом. В Европе для решения данной проблемы активно разрабатывают декларации применяемой

продукции – Environmental Product Declaration, содержащие сведения о ее качественном составе, входящих компонентах, способных оказать негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. В России для подтверждения экологической безопасности строительной продукции существует система добровольной сертификации, но, к сожалению, далеко не вся строительная продукция имеет экологический сертификат, подтверждающий, что она является безопасной для среды обитания, жизни и здоровья потребителей, а содержание в ней экологически вредных примесей не превышает пределов, установленных нормативно-технической документацией.

Определенные трудности связаны также с низким уровнем развития методов экономической оценки социальных и экологических последствий реализации строительных проектов. Некоторые показатели, такие как потребление энергии, потенциал глобального потепления могут быть легко измерены, так как методы их оценки давно разработаны и апробированы. Другие показатели, например, экотоксичность, истощение ресурсов и др. представляют определенную сложность для количественной и стоимостной оценки.

Одним из распространенных подходов к оптимизации стоимости жизненного цикла энергоэффективных, экологических зданий является их сравнение с базовым вариантом здания, имеющим аналогичные объемно-планировочные, конструктивные решения. Такой подход позволяет существенно упростить поиск оптимальных энергосберегающих решений, при которых стоимость жизненного цикла объекта будет минимальна, и ограничивает дальнейший рост расходов на меры по энергоэффективности, которые ведут к повышению затрат жизненного цикла здания. Поскольку сравнение производится с базовым вариантом здания, зачастую достаточным является оценить в первую очередь только те затраты, которые отличаются от базовых затрат или являются дополнительными [12]. В их число входят, например, затраты на повышение теплозащиты отдельных элементов ограждающих конструкций: фасадов здания, окон, на установку ограничителей расхода потребления воды и энергии, рекуператоров тепла в системе механической вентиляции и др.

Используя ресурсно-технологическую модель на утепление фасадов многоэтажных жилых зданий, нами были выполнены расчеты по изменению стоимости этих работ для условий г. Ростова-на-Дону. Расчеты показали, что капитальные затраты на утепление стен теплоизоляционным материалом толщиной 50 мм составляют в среднем 1378 руб./м<sup>2</sup>, при этом средняя стоимость самого утеплителя равна 246 руб./м<sup>2</sup>, остальные расходы приходятся на крепежные материалы, машины и механизмы, работы по монтажу и последующей отделке фасадов.

При увеличении стоимости утеплителя в два раза рост совокупной стоимости работ по утеплению фасадов составляет 22,2 %. При выполнении аналогичных расчетов по методу СЖЦ в полученную стоимость работ по утеплению фасадов следовало бы включить также транспортные расходы на доставку материалов, возможность получения скидок при больших объемах закупаемой продукции, стоимость выбросов углекислого газа при производстве утеплителя и др. Важными факторами при оценке стоимости работ по повышению энергоэффективности здания являются также коэффициент дисконтирования и уровень инфляции, влияющие на реальную стоимость будущих доходов по проекту (получаемой экономии на отопление здания), рост тарифов на коммунальные услуги.

Таким образом, на примере расчетов природной стоимости мероприятий по повышению теплозащиты стен зданий нами было показано, насколько сложным, детальным и многофакторным является оценка стоимости затрат по проекту в течение всего жизненного цикла. Этим объясняется возрастающий интерес к разработке и внедрению в практику проектирования зданий автоматизированных систем для расчетов затрат их жизненного цикла. Примерами таких компьютерных программ являются: Environmental Impact Assessment and Whole Life Cost (Envest 2), Integrated Material Profile and Costing Tool (ИМАКТ), Автоматизированная информационная система анализа стоимости жизненного цикла здания или оборудования и др.

Если первые версии этих программ не были способны моделировать целое здание или вычислять воздействие на окружающую среду на всех фазах жизненного цикла, то современные информационные системы с определенной степенью упрощения решают подобные задачи. Общая цель таких программных продуктов – интеграция оценки затрат жизненного цикла в процесс создания информационной модели здания. Это позволяет в конечном итоге сравнивать между собой не отдельные элементы или альтернативные строительные решения, а проекты зданий в целом, как функции более высокого порядка. Следует отметить, что многообразие строительных материалов и технологий, непрерывное развитие рынка строительных материалов, ограниченность баз данных информационно-аналитических программ, требуют постоянного их обновления, совершенствования.

Программный продукт Envest 2 упрощает сложный процесс проектирования зданий с низким уровнем воздействия на окружающую среду и расчет его затрат на всех этапах жизненного цикла. Для этого пользователь вносит в программу исходные данные по объекту, выбирает конструкции, материалы из имеющейся базы данных, а программа выполняет необходимые

расчеты, идентифицирует элементы здания с большим воздействием на окружающую среду и наибольшей стоимостью в течение всей жизни здания, рассчитывает экономический и экологический эффект, получаемый при выборе другого материала или конструкции.

Программа Envest 2 способна производить широкий спектр расчетов показателей, характеризующих устойчивость строительного объекта по системе «зеленых» стандартов, таких, например, как: токсичность, эффективность потребления воды и энергии, загрязнение почвы, выбросы углекислого газа и др. Она также позволяет выявить величину экологического ущерба, наносимого зданием окружающей среде, на различных фазах его жизненного цикла.

Программная среда ИМАКТ встроена в систему оценки «зеленых» зданий BREEAM и объединяет процессы информационного моделирования здания, оценки стоимости его жизненного цикла и наносимого экологического ущерба. Эта информационно-аналитическая система осуществляет моделирование строительных объектов на основе оптимизации совокупных затрат и сравнения показателей устойчивости, достигаемых зданием, при выборе различных материалов, конструкций.

### Выводы

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что применение метода СЖЦ зданий на этапе проектирования имеет большую значимость и потенциал. Развитие знаний в области экономической оценки социальных и экологических последствий реализации строительных проектов, постоянное обновление базы данных строительных материалов и изделий требуют непрерывного совершенствования этого метода с учетом приращения научных знаний. Другим важным направлением развития метода СЖЦ является активное использование автоматизированных информационных систем для выполнения необходимых расчетов и оптимизации проектных решений. Данные системы должны не только определять стоимость жизненного цикла будущего здания, позволяя сравнивать альтернативные проекты, но и осуществлять выбор оптимального (рационального) варианта на основе двух подходов: задавшись ограниченными затратами, максимизировать получаемый коммерческий эффект или, задавшись уровнем коммерческого эффекта, минимизировать совокупные затраты.

### Литература

1. Бернстин, Р. Полное управление зданием и его влияние на энергосбережение // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2008. – № 8. – Режим доступа: [http://esco.co.ua/journal/2008\\_8/art053.htm](http://esco.co.ua/journal/2008_8/art053.htm).
2. Horne, R. Life cycle assessment: principles, practice and prospects [Text] / Ralph Horne, Tim Grant,

Karli Verghese. – Melbourne: CSIRO Publishing, 2009. – P.173.

3. Kicherer, A. Eco-Efficiency. Combining Life Cycle Assessment and Life Cycle Costs via Normalization [Text] / A. Kicherer, S. Schaltegger, H. Tschokohei, B. Ferreira Pozo // International Journal of LCA. – 2007. – Vol. 12, № 7. – P. 537-543.

4. Barringer, P.H. Life Cycle Cost Tutorial [Text] / H. Paul Barringer, David P. Weber // Fifth International Conference on Process Plant Reliability. – Houston, Texas: [s.n.], – 1996. – 58 pp.

5. Life cycle costing [Text] // Practice guide : bulletin. – Canberra: The publications manager Australian national audit office, 2001. – 38 pp.

6. Директива 2010/31/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС от 19 мая 2010 по энергетической эффективности зданий [Текст]: офиц. текст. – Официальный вестник Европейского союза журнал L 153, 2010. –32.

7. ПрофСтальДом [Электронный ресурс] «Дом надежды» – первый социальный экопроект в России. – Режим доступа: [http://www.profnastil.com/company/news/2015/03/18/news\\_134.html](http://www.profnastil.com/company/news/2015/03/18/news_134.html).

8. Scheuer, C.W. Evaluation of LEED™ Using Life Cycle Assessment Methods [Text] / C.W. Scheuer, G.A. Keoleian. – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2002. – 157 с.

9. Методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат [Текст]. – Введ. 2014-06-04. – М.: Национальное объединение проектировщиков, 2014. – 72 с.

10. Наумов, А.Л. Энергоэффективность, стоимость жизненного цикла и зеленые стандарты [Текст] / А.Л. Наумов, Д.В. Капко, О.С. Судбина // Здания высоких технологий. – Осень 2014. – С. 34–40.

11. Проесо [Электронный ресурс] Расчет стоимости жизненного цикла здания. – Режим доступа: <http://proeco.center/project/raschet-stoimosti-zhiznenno-go-tsikla-zdaniya>.

12. Башмаков, И.А. Оптимизация энергоэффективности зданий на основе оценки стоимости жизненного цикла [Текст] / И.А. Башмаков, А.Д. Мышак // Энергосовет. – 2015. – № 3 (40). – С. 55–62.

## ANALYSIS OF APPLICATION LIFE CYCLE ASSESSMENT METHOD FOR BUILDINGS IN RUSSIA AND ABROAD

**Summary:** The article describes the features of application of life cycle assessment method for buildings in Russia and abroad. Much attention in the article is given to identification the problematic aspects of extending the application of this method and the promising areas for its further development for energy-efficient buildings assessment in Russia. The analysis of existing computer programs used in the system of "green" standards for the integration of life cycle assessment into the process of creating a sustainable building information models, is made in the article.

**Keywords:** life cycle assessment method, green building, energy efficiency, green building standards.

## Раздел 3. Инженерное обеспечение

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕССОЛИВАНИЯ

Вернези С.

Академия строительства и архитектуры

**Аннотация.** Разработанные в последние годы комплексные методы очистки воды с использованием ультрафильтрационных мембран проанализированы в аспекте возможности их применения для обессоливания морской воды. Рассмотрены перспективы использования в технологии водоочистки ультрафильтрационных мембран

**Ключевые слова:** обессоливание, типы ультрафильтрационных мембран, направления использования ультрафильтрации.

#### Вступление

Мировая статистика свидетельствует, что в настоящее время более 1 млрд. людей не имеют доступа к источникам пресного водоснабжения и еще около 2,3 млрд. проживают в регионах, малообеспеченных пресной водой [1].

Воды на нашей планете много, но более чем 96% ее является соленой с содержанием 30-45 г/л [1], а половина остатка содержится на полюсах или в виде ледников.

Традиционные ресурсы пресной воды, такие как реки и озера, постепенно исчерпываются, растет минерализация подземных источников, в следствие антропогенного загрязнения. В связи с дефицитом чистой пресной воды стали интенсивно развиваться технологии по деминерализации вод с различным солевым составом.

Для Крыма проблема нехватки пресной воды всегда была актуальной, и в связи с дальнейшим развитием региона будет обостряться. Одним из способов её решения является обессоливание морской воды.

#### Основные результаты работы

Под обессоливанием воды понимают процесс снижения содержания растворенных в ней солей до требуемой величины прокаленного растворенного остатка.

Различают частичное и полное обессоливание. Частным случаем обессоливания является опреснение, в результате которого величина содержания в очищенной воде не превышает 1000 мг/л.

Полное обессоливание обеспечивает получение в процессе обработки воды, близкой по качеству к дистиллированной, используемой в большинстве случаев для питания барабанных и прямоточных котлов ТЭЦ, ГРЭС [2].

В настоящее время разработано очень много способов получения пресной или опресненной воды, но в принципе все они могут быть сведены к двум основным типам: термические и процессы с применением мембран.

В последние годы мембранная фильтрация рассматривается как альтернативный и надежный процесс очистки воды, приведение её к

существующим нормам качества. Размер задерживаемых частиц определяется структурой мембраны, то есть размером ее пор. Мембранные процессы можно классифицировать по размерам задерживаемых частиц на следующие типы:

- микрофильтрационные мембраны,
- ультрафильтрационные мембраны,
- нанофильтрационные мембраны,
- обратноосмотические мембраны.

Особым интересом среди специалистов в последние годы пользуются технологии ультрафильтрации, что обусловлено растущими масштабами ее применения. В США, Великобритании, Нидерландах, Малайзии, Сингапуре, Париже, а теперь и в Москве сооружаются и работают крупные станции водоподготовки, пропускающие сотни тысяч кубических метров воды в день [3].

Ультрафильтрационная технология разделения растворов известна давно, она успешно применяется в пищевой, химической, микробиологической и других отраслях промышленности, однако в сфере водоснабжения об этом методе всерьез заговорили всего три-четыре года назад [3].

Появившиеся на рынке промышленно освоенные и коммерчески доступные мембраны и аппараты, а также отработка надежной технологии их эксплуатации, позволяют использовать ультрафильтрационные технологии на крупных водопроводных станциях. Огромные масштабы производства новых мембранных аппаратов, специально предназначенных для работы в составе систем очистки природных вод, обусловили интерес к мембранным технологиям.

Несмотря на постоянный рост объема производства и продаж мембранных аппаратов и систем очистки воды на их основе, расширение области применения мембран, поиск новых «ниш» для их внедрения – процесс длительный, требующий накопления опыта, изучения процесса очистки.

Для того чтобы эффективно использовать мембранные установки в решении задач питьевого водоснабжения, специалистам необходимо иметь представление о сильных и слабых сторонах этой технологии.

Элементами любой ультрафильтрационной системы очистки воды являются мембранные аппараты. От выбора типа мембран, конструкции мембранных модулей и режима их работы будет зависеть успех работы всей установки.

Ультрафильтрация – это баромембранный процесс, заключающийся в том, что жидкость под давлением «продавливается» через полупроницаемую перегородку. Размер отверстий (пор) ультрафильтрационных мембран лежит в пределах от 5 нм до 0,05–0,1 мкм.

От обычного объемного фильтрования мембранная фильтрация отличается тем, что подавляющее большинство всех задерживаемых веществ накапливается на поверхности мембраны, образуя дополнительный фильтрующий слой осадка, который обладает своим сопротивлением.

При необходимости, для борьбы с ростом осадка, над поверхностью мембраны создают дополнительный поток из обрабатываемой жидкости, который размывает накапливающийся осадок. Жидкость, содержащая удаленные с поверхности мембраны загрязнения, выводится из разделительного аппарата. Для более эффективного удаления загрязнений с поверхности и из пор мембраны используют метод обратных промывок, при котором очищенную воду (фильтрат) пропускают через мембрану в направлении, обратном направлению фильтрования. Такие промывки производятся намного чаще, чем промывки обычных фильтров с зернистой загрузкой – от 1 до 5 раз в час, но их продолжительность составляет всего 10–30 секунд, поэтому объем сбрасываемой воды составляет 2–5 % от объема фильтрата [4].

Для предотвращения биологического зарастания ультрафильтрационных мембран в воду для обратной промывки мембранных элементов добавляют дезинфектант, чаще всего, гипохлорит натрия.

Производительность мембранных аппаратов в процессе длительной работы постепенно уменьшается, т. к. на поверхности и в порах мембраны сорбируются различные вещества и отлагаются частички загрязнений, увеличивающие общее гидравлическое сопротивление мембранных аппаратов. Для восстановления первоначальной производительности несколько раз в год проводится химическая промывка мембранных аппаратов специальными кислотными и щелочными реагентами для удаления накопленных загрязнений.

Следовательно, основные задачи при проектировании мембранных установок – это подбор оптимального типа мембран в зависимости от состава исходной воды и определение оптимального режима эксплуатации мембранной установки, при котором загрязнение мембран было бы минимальным. Надежность работы обеспечивается правильным выбором материала мембраны, который был бы наименее чувствителен

к загрязнениям, характерным для данного состава исходной воды, и конструкцией аппарата, которая должна позволять проводить гидравлические промывки мембран с максимальной эффективностью. Кроме того, важно уметь прогнозировать работу установки в течение длительного периода эксплуатации.

В качестве материала для изготовления ультрафильтрационных мембран в основном используются полимерные вещества – ацетат целлюлозы, полисульфон, полиэтерсульфон, полиамид, полиимид, поливинилиденфторид, полиакрилонитрил и их производные. Большинство ультрафильтрационных мембран – асимметричные, они состоят из тонкого селективного слоя толщиной несколько десятков мк или менее и пористой подложки, которая обеспечивает механическую прочность (рис. 1). Полимерным мембранам при их изготовлении могут придаваться разнообразные свойства, что позволяет управлять их селективными характеристиками и устойчивостью к загрязнению различными веществами.

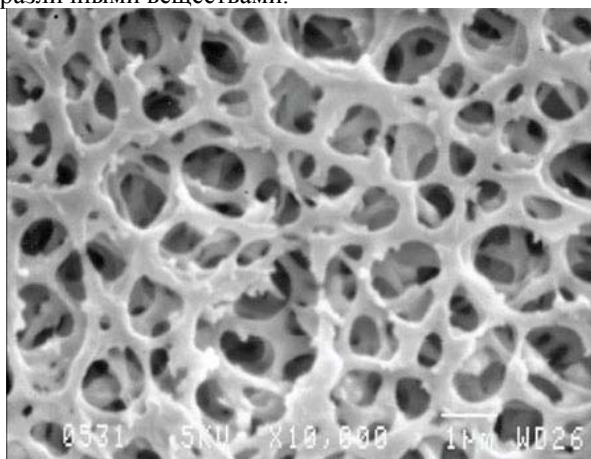


Рис. 1. Микрофотография (на сканирующем электронном микроскопе) полимерной мембраны из ацетата целлюлозы

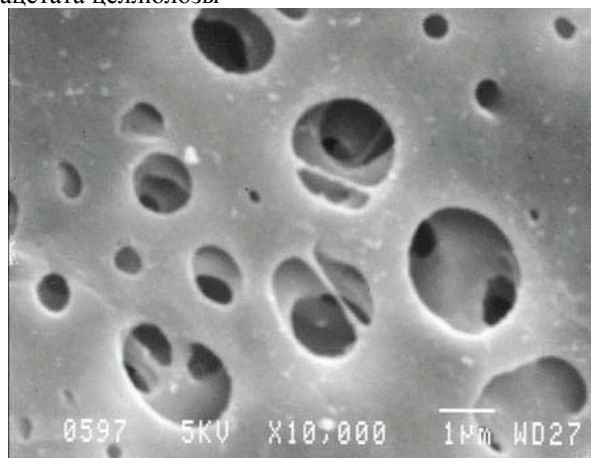


Рис. 2. Микрофотография (на сканирующем электронном микроскопе) полимерной мембраны из полиэтерсульфона

Особое место занимают трековые мембраны, получаемые путем вытравливания треков, оставшихся в полимерной пленке после ее

облучения потоком высокоэнергетических частиц. Эти мембраны характеризуются очень узким распределением пор по размеру и симметричной структурой. Недостатком таких мембран является низкая поверхностная пористость и относительно высокая стоимость.

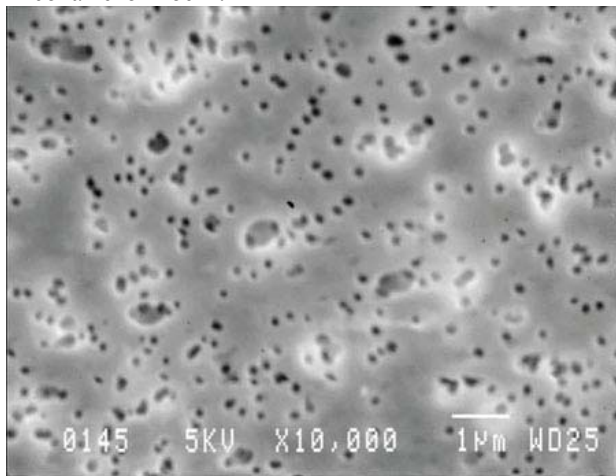


Рис. 3. Микрофотография (на сканирующем электронном микроскопе) полимерной мембраны из высокопористого поликарбоната (трековая мембрана)

Большинство современных полимерных мембран устойчивы к воздействию микроорганизмов и химических соединений в широком диапазоне pH, обладают высокой селективностью и производительностью, допускают кратковременное воздействие сильных окислителей: свободного хлора, озона. Свойства мембран лишь незначительно ухудшаются в течение всего срока службы, который составляет 5 и более лет. Старение мембран может происходить из-за истончения верхнего слоя при взаимодействии с взвешенными и абразивными веществами, содержащимися в обрабатываемой воде, или очищающими химическими агентами.

Для производства ультрафильтрационных мембран могут использоваться неорганические (керамические и металлокерамические) материалы на основе окислов  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $ZnO_2$ . Керамические мембраны характеризуются долговечностью, высокой физической, химической и бактериальной стойкостью, что позволяет им работать в самых жестких условиях. Их применение сдерживается невысокой плотностью упаковки в мембранных модулях и трудностями получения пор меньшего диаметра [3].

Изучение зарубежного опыта показывает, что развитие ультрафильтрационных систем очистки воды развивается по нескольким ключевым направлениям, отвечающим возможностям метода и существующим проблемам при подготовке питьевой воды [4].

Первое направление – использование ультрафильтрации в качестве альтернативы традиционным методам обеззараживания: обычные

ультрафильтрационные мембраны с размером пор 0,01–0,05 мкм служат надежным барьером для патогенных микроорганизмов и вирусов. Они позволяют достичь 99,99%-го удаления вирусов и цист патогенных микроорганизмов, в том числе *Giardia* и *Cryptosporidium*, и практически 100%-го задержания бактерий и простейших [5].

Второе направление развития ультрафильтрации – использование ее как альтернативного высокотехнологичного процесса в схемах очистки и кондиционирования природной воды. Главным достоинством данной области применения мембранной технологии является возможность получения высоких эффектов очистки без использования дополнительных стадий обработки воды и реагентов.

Для регионов, сталкивающихся с проблемой нехватки пресной воды, но располагающими запасами морской воды, наибольший интерес представляет третье направление, связанное с предпочтительностью перед обратным осмосом в схемах умягчения, опреснения и обессоливания поверхностных вод для нужд питьевого водоснабжения, промышленности и энергетики. Используя ультрафильтрацию вместо традиционной схемы водоподготовки, включающей коагуляцию, отстаивание и многоступенчатое фильтрование, можно получить воду с очень низким содержанием взвешенных и коллоидных веществ и в результате повысить производительность и продолжительность службы обратноосмотических мембран, сократить частоту их химических промывок.



Рис. 4. Внешний вид станции. Мембранные блоки, общая подача – 100 м<sup>3</sup>/ч

Станция очистки воды (рис. 4) включает в себя напорные аэрационные колонны с компрессорами, мембранные блоки, к которым подходят магистрали подачи исходной воды, отвода фильтрата и промывной воды (рис. 5), систему обратной промывки, состоящую из напорных баков и насосов обратной промывки, при необходимости – установку обеззараживания воды. Ультрафильтрационная установка может работать под напором скважинных насосов или с дополнительными насосами повышения давления [6].



Рис. 5. Ультрафилтрационный блок производительностью 15–20 м<sup>3</sup>/ч

Еще одна актуальная сфера применения ультрафилтрации – обессоливание воды для технологических нужд промышленных предприятий.

В случае, если предприятие имеет технический водопровод, в котором находится вода из поверхностного водоисточника, прошедшая только грубую механическую очистку, то по своему составу эта вода характеризуется обычно повышенным содержанием взвешенных и коллоидных веществ (мутности), органических гуминовых веществ (цветности), бактерий и т. д.



Рис. 6. Система для предподготовки воды перед ионообменной установкой производительностью 6–7 м<sup>3</sup>/ч

Традиционно на многих производствах вода из технического водопровода используется для оборотных систем охлаждения оборудования. Однако современные виды оборудования (например, компрессоры) для охлаждения требуют воду с характеристиками по взвешенным веществам и цветности, соответствующими воде питьевого качества. В случае использования специального оборудования (например, ионообменной или обратноосмотической схемы для глубокого умягчения перед парогенераторами) подаваемая вода также должна соответствовать требованиям

СанПиН 2.1.4.10–74–01 и требует специальной подготовки.

Внешний вид подобных систем показан на рис. 6 и 7 [3].



Рис. 7. Мини-установка получения воды питьевого качества из поверхностного источника производительностью 200 л/ч

#### Выводы

Не смотря на успехи внедрения ультрафилтрационной технологии в очистке поверхностных вод, и в доочистке водопроводной воды, возможности дальнейшего расширения области применения этого метода необходимо изучать. Использование ультрафилтрационных мембран ограничено видами возможных загрязнений, содержащихся в воде.

Ультрафилтрационные мембраны, например, не позволяют существенно снижать цветность и окисляемость воды. Большинство органических соединений, содержащихся в природных водах, имеет молекулярный вес менее 3000–5000 и размеры молекул от 10 нм и менее. Следовательно, типичные ультрафилтрационные мембраны с размером пор 0,01 мкм и отсечением по молекулярной массе порядка 100 000–200 000 не должны задерживать эти вещества [7].

В этом случае специалисты создают многоступенчатые комбинированные схемы с использованием различных технологических процессов.

#### Литература

1. С.С.Шоботов, О.О. Квитка, З.В.Малецкий. Структурная оптимизация двухстадийной мембранной системы деминерализации морской воды. Вода и водоочистные технологии. Научно-технические вестники. №2 (2) - 2010. – С.59–72
2. [http://www.rwssystem.ru/uu\\_oow.html](http://www.rwssystem.ru/uu_oow.html)
3. [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3435](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3435)  
[http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3435](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3435)  
Метод ультрафилтрации в современном

- водоснабжении проблемы и перспективы. А. Г. Первов, А. П. Андрианов, МГУ.
4. Mavrov V., Chmiel H., Kluth J., Meier J., Heinrich F., Ames P., Backes K., Usner P. Comparative study of different MF and UF membranes for drinking water production. // *Desalination*. 1998. V. 117, p. 189-196.
  5. Knops F.N.M., Franklin B. Ultrafiltration for 90 MLD Cryptosporidium and Giardia free drinking water: a case study for the Yorkshire Water Keldgate Plant. // *Proc. of the Conf. on Membranes in Drinking and Industrial Water Production (Paris, 3-6 October)*. 2000. V. 1, p. 71-78.
  6. Андрианов А.П., Первов А.Г. Перспективы применения мембранных методов ультрафильтрации и нанофильтрации на крупных водопроводных станциях // *Проекты развития инфраструктуры города: Сб. науч. трудов. Вып. 4. Комплексные программы и инженерные решения в области экологии городской среды*. М., 2004.
  7. Schfer A.I., Fane A.G., Waite T.D. Cost factors and chemical pretreatment effects in the membrane filtration of waters containing natural organic matter. // *Water Resources*. 2001. V. 35, No. 6, p. 1509-1517.

## NEW DESALINATION TECHNOLOGY

**Summary.** Recently developed complex methods of water purification using ultrafiltration membranes are analyzed in terms of their applicability to the desalination of seawater. The prospects of using of ultrafiltration membranes in technologies of water treatment are discussed

**Keywords.** desalting, types of ultrafiltration membranes, directions uses of ultrafiltration

## МЕТОДИКИ И ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ МОСТОВ

Александр Елохов

ООО "Институт пассивного дома", 117405, Москва, ул. Кирпичные Выемки д.2/1, 4-й подъезд, офис 407, info@passiv-rus.ru

**Аннотация:** в статье ставится вопрос о необходимости учета тепловых мостов вследствие нововведенных нормативных документов, однако возникает проблема в отсутствии корректных методик их расчета. Выявлены основные отличия европейских методик от российских, предложена расчетная методика, опирающаяся на европейские нормативные документы и позволяющая рассчитывать теплопроводные включения с помощью таких инструментов, как программы расчета температурных полей HEAT2/HEAT3 и Пакет проектирования пассивного дома.

**Ключевые слова:** наружная ограждающая конструкция; приведенное сопротивление теплопередаче; тепловые мосты; трансмиссионные теплотопотери; проектирование; программа расчета температурных полей.

**Введение**

Ограждающие конструкции современных зданий характеризуются наличием утепляющих, конструктивных слоев, различного рода теплопроводных включений в виде плит перекрытий, перегородок, связей, конструктивных элементов фасадных систем и т.п. Метод оценки теплозащитных качеств таких конструкций основан на применении программ расчета двумерных или трехмерных температурных полей.

**Анализ публикаций, материалов, методов**

В настоящее время активно обновляется нормативная база строительной отрасли, в том числе по проектированию тепловой защиты зданий. С 01.07.2013 года введен в действие СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» [1], одним из существенных отличий от СНиП 23-02-2003 [2] является обязательное требование по расчету приведенного сопротивления теплопередаче с учетом «тепловых мостов» - линейных и точечных теплотехнических неоднородностей.

Так же разрабатывается СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче» [3], основную часть которого составляют таблицы с расчетными характеристиками различных узлов конструкций, позволяющие частично или полностью исключить расчеты температурных полей в процессе проектирования.

К сожалению, в этих документах методика расчета температурных полей не полностью раскрыта, отсутствует описание правил моделирования, методики расчета «тепловых мостов» для конструкций, контактирующих с грунтом и неотапливаемыми помещениями, «геометрических тепловых мостов» и их учета. Все это существенно влияет на корректность результатов расчетов, и, как следствие, приводит к произвольной трактовке методик расчета, большим расхождениям в результатах расчетов, даже при использовании одних и тех же программ.

В СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» [1] вводится понятие приведенного сопротивления теплопередаче, который рассчитывается по формуле 1:

$$R_0^{пр} = \frac{1}{R_0^{усл} + \sum 1_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}, \quad (1)$$

где  $R_0^{усл}$  - среднее по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{С} / \text{Вт}$ ;

$1_j$  - протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м} / \text{м}^2$ ;

$\Psi_j$  - удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -ого вида,  $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{С})$ ;

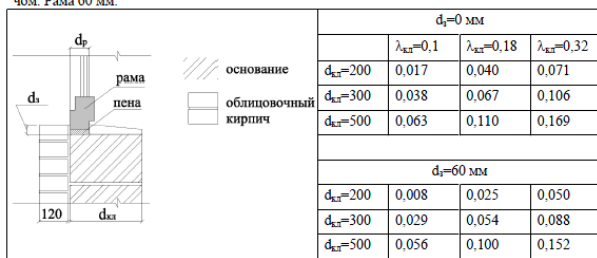
$n_k$  - количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, шт./ $\text{м}^2$ ;

$\chi_k$  - удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -го вида,  $\text{Вт} / \text{С}$ .

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент. В качестве теплозащитных элементов выбираются отдельные участки конструкции, детали (в основном прорезающие утеплитель), стыки между различными конструкциями.

В Приложении В проекта СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче» [3] приведены типовые разбивки на теплозащитные элементы основных видов стен, примеры приведены на рисунках 1 и 2.

Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания оконного к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Рама 60 мм.



Удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. Без перфорации.

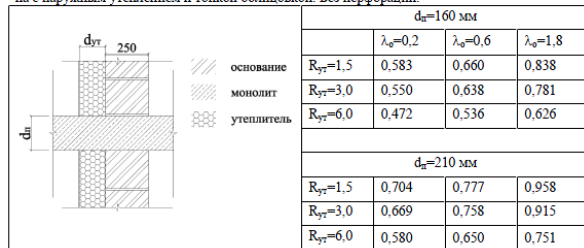


Рис. 1 и 2. Таблицы расчетных характеристик Приложения В проекта СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче»

Еще одним нововведением в СП 50.13330.2012 [1], отличающим его от СНиП 23-02-2003 [2] является расчет удельной теплотехнической характеристики, которая рассчитывается по формуле 2 или 3:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{пр}} \right) = K_{комп} \cdot K_{общ}, \quad (2)$$

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \left[ \sum \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{усл}} \right) + \sum n_{t,j} L_j \Psi_j + \sum n_{t,k} N_k \chi_k \right], \quad (3)$$

где  $V_{от}$  – отапливаемый объем здания, м<sup>3</sup>;  
 $n_{t,i}$  – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП;

$A_{\phi,i}$  – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup>;

$R_{o,i}^{пр}$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$K_{комп}$  – коэффициент компактности здания, м<sup>-1</sup>;

$K_{общ}$  – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$R_{o}^{усл}$ ,  $\Psi_j$ ,  $\chi_k$  – принимаются по Приложению Е СП 50.13330.2012 [1];

$L_j$  – суммарная протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида по всей оболочке здания, м;

$N_k$  – суммарное количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида по всей оболочке здания, шт.

Удельная теплотехническая характеристика характеризует теплопотери единицей отапливаемого объема, при расчете которой так же необходимо учитывать влияния линейных и точечных теплотехнических неоднородностей.

Более подробно методика расчета «тепловых мостов» с использованием программ расчета двухмерных и трехмерных температурных полей описана в европейских нормативах ISO 10211 [4], ISO 14683 [5] и DIN 4108 [6], в которых изложены принципы моделирования, граничные условия, представлены каталоги тепловых мостов.

Основными отличиями европейских от российских методик являются:

отсутствие понятия приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;

теплопотери от тепловых мостов учитываются либо в виде надбавок (DIN 4108 [6]), либо рассчитываются в соответствии с методиками, описанными в ISO 10211 [4] и учитываются в дополнительных удельных трансмиссионных теплопотерях через оболочку здания;

определение трансмиссионных теплопотерь и расчет тепловых мостов выполняются по наружным размерам здания, поэтому  $\Psi_{СНиП}$  и  $\Psi_{ISO/DIN}$  будут иметь разные значения.

Основным документом, регламентирующим правила расчета тепловых мостов является ISO 10211 [4], в котором подробно описаны методики расчета линейных и точечных теплотехнических тепловых мостов, параметры 2D/3D моделирования и приведены примеры расчетов.

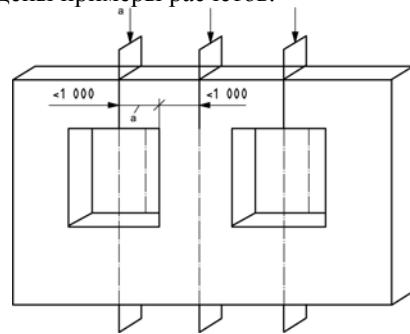


Рис. 3.. Определение параметров расчетной области для различных случаев в ISO 10211

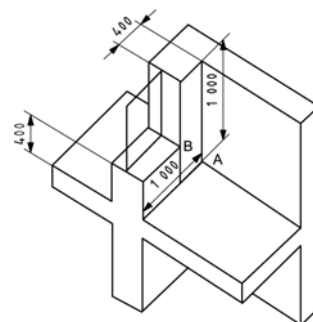


Рис. 4. Определение параметров расчетной области для различных случаев в ISO 10211

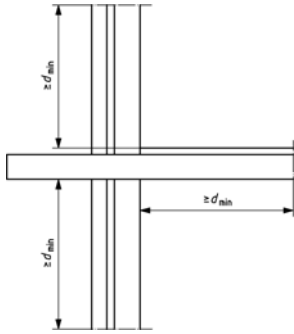


Рис. 5. Определение параметров расчетной области для различных случаев в ISO 10211

В ISO 10211 [4] описаны методики определения тепловых мостов с конструкциями, контактирующими с грунтом или неотапливаемыми помещениями, т.е. когда вместо двух температур (температуры наружного воздуха и температуры внутреннего воздуха) появляется еще третья температура (температура грунта) или даже четвертая (температура неотапливаемого помещения).

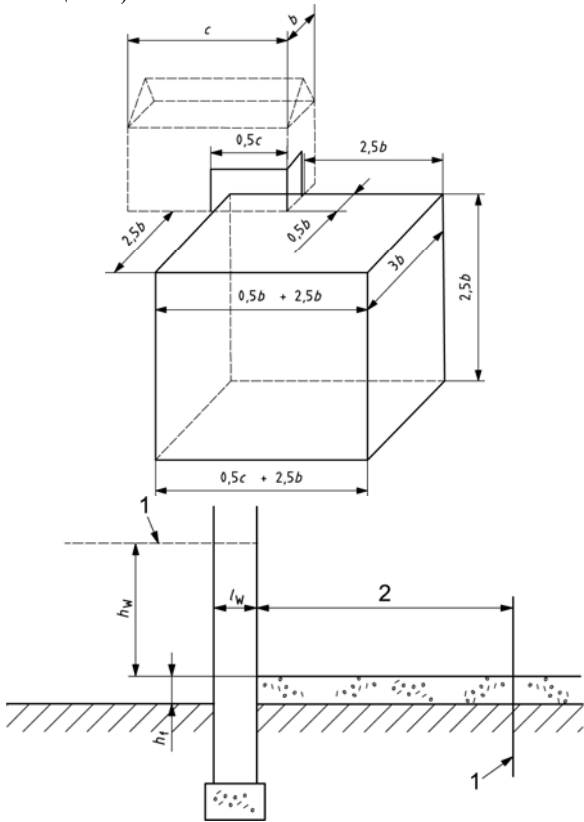


Рис. 6 и 7. Определение параметров расчетной области для конструкций, граничащих с грунтом в ISO 10211

ISO 14683 [5] подробно описывает методику расчета удельных трансмиссионных теплопотерь, которые рассчитываются по формуле 4:

$$H_T = H_D + H_g + H_U, \quad (4)$$

где  $H_D$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через оболочку здания;

$H_g$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через ограждающие конструкции, контактирующие с грунтом, рассчитанные в соответствии с ISO 13370 [8];

$H_U$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через неотапливаемые пространства, рассчитанные в соответствии с ISO 13789 [9].

Дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через оболочку здания определяются по формуле 5:

$$H_D = \sum A_i U_i + \sum l_k \Psi_k + \sum \chi_j, \quad (5)$$

где  $A_i$  – площадь  $i$ -го элемента ограждающих конструкций,  $m^2$ ;

$U_i$  – коэффициент теплопередачи  $i$ -го элемента ограждающих конструкций здания,  $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$l_k$  – длина линейного теплового моста,  $m$ ;

$\Psi_k$  – линейный коэффициент теплопередачи  $k$ -го линейного теплового моста,  $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$\chi_j$  – точечный коэффициент теплопередачи  $j$ -го точечного теплового моста,  $Вт/^\circ C$ .

Учет теплопотерь от тепловых мостов выполняется отдельно и суммируется с теплопотерями через ограждающие конструкции. В документе так же представлены каталоги тепловых мостов с расчетными значениями для различных методик определения расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

DIN 4108-6 [7] описывает методику определения удельных трансмиссионных теплопотерь для условий Германии, которые рассчитываются по формуле 6:

$$H_T = \sum U_i \cdot A_i \cdot F_{xi} + H_{WB} + \Delta H_{T, FH}, \quad (6)$$

где  $U_i$  – коэффициент теплопередачи  $i$ -го элемента ограждающих конструкций здания,  $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$A_i$  – площадь  $i$ -го элемента ограждающих конструкций,  $m^2$ ;

$F_{xi}$  – температурный коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции;

$H_{WB}$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери от тепловых мостов, которые должны быть учтены в соответствии с DIN 4108-6 [7];

$\Delta H_{T, FH}$  – дополнительные удельные трансмиссионные теплопотери через конструкции с интегрированными нагревательными поверхностями (в полах, перекрытиях и вертикальные строительных конструкциях).

В DIN 4108-6 [7] в отличие от ISO 14683 [5] существует возможность учета тепловых мостов через так называемые надбавки к коэффициенту теплопередачи оболочки здания,  $\Delta U_{WB}$ , а так же

несколько вариантов для расчета  $H_{WB}$  по формулам 7 и 8:

Вариант 1

$$H_{WB} = \Delta U_{WB} \cdot A, \quad (7)$$

где  $A$  – площадь ограждающих конструкций (наружной оболочки здания):

$\Delta U_{WB} = 0,10$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для всех новых зданий;

$\Delta U_{WB} = 0,05$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для проработанных узловых решений в соответствии с DIN 4108 Weiblatt 2;

$\Delta U_{WB} = 0,15$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для всех зданий с внутренней теплоизоляцией;

Вариант 2 – для более точного определения, в соответствии с DIN 4108-6 [7], в сочетании с другими нормами.

$$H_{WB} = \sum l \cdot \Psi_e, \quad (8)$$

В документе DIN 4108 Weiblatt 2 [6] подробно описаны граничные значения граничных условий и приблизительные значения линейных теплотехнических неоднородностей различных узловых решений для условий Германии, примеры указаны на рис. 8 и 9.

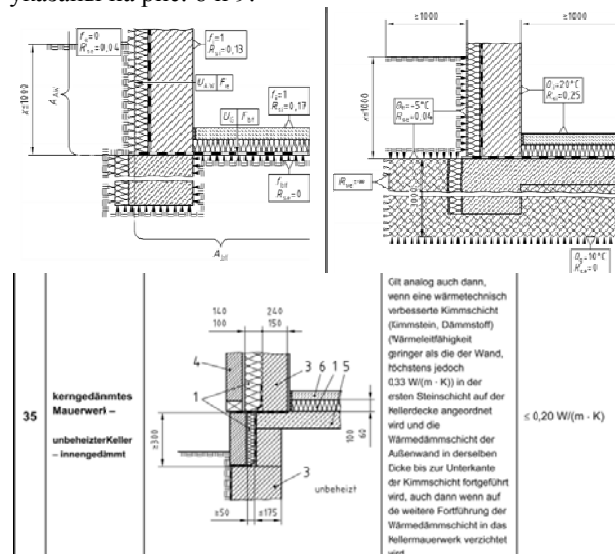


Рис. 8 и 9. Таблицы значений граничных условий и приблизительных значений для тепловых мостов

### Цель и постановка задачи исследований

В результате сравнительного анализа российских и европейских методик расчета тепловых мостов, предложена расчетная методика, опирающаяся на европейские нормативные документы и позволяющая рассчитывать и учитывать все типы теплопроводных включений с помощью таких инструментов, как программы расчета температурных полей HEAT2/HEAT3 и Пакет проектирования пассивного дома PHPP,

рассмотрены примеры для расчета различных узлов примыкания наружных ограждающих конструкций.

### Основной раздел с результатами и их анализом

В СП 50.13330.2012 [1] желательнее ввести нормирование  $\Delta U$ , чтобы линейные и точечные неоднородности не только рассчитывались, но и нормировались их суммарное влияние на трансмиссионные теплотери здания. Т.е. чтобы не просто проводились расчеты, но и в итоге выбирались оптимизированные значения.

Следует понимать, что надбавка  $\Delta U_{WB}$  имеет довольно существенное значение. Так, если усредненное значение  $U$  оболочки здания равно 0,3 Вт/(м<sup>2</sup>·°C), то при  $\Delta U_{WB} = 0,1$ , это означает, что  $R_0^{ycl} = 1/0,3 = 3,3$  становится равным  $R_0^{np} = 1/0,4 = 2,5$ . Для энергоэффективных, а тем более пассивных зданий это недопустимо, поэтому в любом случае  $\Psi$  необходимо считать, т.к.  $R_0^{ycl} = 1/0,1 = 10$  становится равным  $R_0^{np} = 1/0,2 = 5!$

Для пассивных домов в документе «Wärmebrückenfreies Konstruieren. Protokollband Nr. 16» [14] введено понятие «конструирования без тепловых мостов» с граничным значением для  $\Psi \leq 0,01$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C) или рассчитанное по формуле 9:

$$H_T = \sum_{\text{Пов-ти оболочки } j} U_j \cdot A_j + \sum_{\text{Лин. TM } j} \Psi_j \cdot l_j + \sum_{\text{Точ. TM } j} \chi_j \quad (9)$$

$$\leq H_{\text{regulär}} = \sum U_j \cdot A_j,$$

где  $U_j$  – коэффициент теплопередачи  $i$ -го элемента ограждающих конструкций здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$A_j$  – площадь  $i$ -го элемента ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>;

$\Psi_j$  – линейный коэффициент теплопередачи  $k$ -го линейного теплового моста, Вт/(м·°C);

$l_j$  – длина линейного теплового моста, м;

$\chi_j$  – точечный коэффициент теплопередачи  $j$ -го точечного теплового моста, Вт/°C.

Принцип «конструирования без тепловых мостов» определяется следующим образом: доля теплотеря от тепловых мостов меньше или равна нулю.

Расчетная методика PHPP [11] разработана Passivhaus Institut Darmstadt для энергоэффективных и пассивных домов и позволяет учитывать все типы тепловых мостов, относя их к соответствующим ограждающим конструкциям и группам тепловых мостов. Пример учета тепловых мостов представлен в таблице 1. В составе PHPP [11] есть средство для пересчета тепловых мостов с внутренним к наружным размерам, что позволяет пользоваться как европейскими, так и российскими методиками расчета. Пример пересчета представлен в таблице 2. Все тепловые мосты учитываются в энергобалансе здания, пример представлен в таблице 3.

Таблица 1.  
Учет тепловых мостов в РНПП 2007

Линейный коэффициент теплопередачи $\Psi$ , Вт/(м·°С)	Длина $l$ , м	Коэффициент $H = \Psi \cdot l$ , Вт/(м·°С)	Понижающий коэффициент (учет температуры) $f_i$	Значение $H = \Psi \cdot l \cdot f_i$ , Вт/(м·°С)	Доля от трансмиссионных теплопотерь
1	2	3	4	5	6
1. Узел примыкания наружной стены и пола первого этажа, сечение 1-1					
-0,044	27,13	-1,19	0,447	-0,534	-0,3%
2. Узел примыкания внутренней стены и пола первого этажа, сечение 2-2					
0,807	37,22	30,04	0,447	13,441	8,6%
3. Узел примыкания внутренней стены и пола первого этажа, сечение 3-3					
1,251	1,40	1,75	0,447	0,784	0,5%
4. Узел примыкания наружной стены и пола первого этажа, сечение 4-4					
-0,195	2,52	-0,49	0,447	-0,220	-0,1%
5. Узел примыкания наружной стены и пола первого этажа, сечение 1-1 (терраса)					
-0,037	12,35	-0,46	0,447	-0,204	-0,1%
6. Узел примыкания наружной стены и межэтажного перекрытия в осях 2-5 и 5-2					
0,028	14,83	0,42	1,000	0,415	0,3%
7. Узел примыкания наружной стены и межэтажного перекрытия в осях Б-Д и Д-Б					
0,021	11,00	0,23	1,000	0,231	0,1%
8. Узел примыкания наружной стены и межэтажного перекрытия в осях Г-В					
0,033	5,26	0,17	1,000	0,174	0%
9. Узел примыкания наружной стены и межэтажного перекрытия в осях В-Б и Д-Г					
0,027	5,74	0,15	1,000	0,155	0%
10. Узел примыкания наружной стены и межэтажного перекрытия в осях 4-5					
0,041	5,17	0,21	1,000	0,212	0%
11. Узел примыкания наружной стены и скатной кровли тип 1					
-0,077	16,22	-1,25	1,000	-1,249	-1%
12. Узел примыкания наружной стены и скатной кровли тип 2					
-0,071	26,36	-1,87	1,000	-1,872	-1%
13. Узел примыкания наружной стены и внутренней перегородки					
0,014	36,40	0,51	1,000	0,510	0%
14. Узел примыкания наружной стены и внутренней перегородки					
0,035	9,94	0,35	1,000	0,348	0%
15. Внутренний угол					
-0,051	31,61	-1,61	1,000	-1,614	-1%
16. Узел примыкания чердачного перекрытия и внутренней стены чердака					
0,040	6,79	0,27	1,000	0,272	0%
17. Узел примыкания чердачного перекрытия и скатной кровли с углом наклона 35°					
-0,094	20,58	-1,93	1,000	-1,935	-1%
18. Узел примыкания чердачного перекрытия и скатной кровли с углом наклона 40°					
-0,093	12,34	-1,15	1,000	-1,148	-1%
19. Узел примыкания наружной стены и чердачного перекрытия					
-0,070	12,71	-0,89	1,000	-0,889	-1%
20. Узел примыкания чердачного перекрытия и люка					
0,035	3,60	0,13	1,000	0,126	0%

Таблица 2.

Средство для пересчета линейных тепловых мостов с внутренних к наружным размерам

Обозначение		Единица измерения	Пример расчета
	□ с привяз. к внут. размер.	Вт/(м <sup>2</sup> °С)	0,027
	Разность темп-р ТМ	°С	30
Примыкающая поверхность I	Разность темп-р □□ I	°С	30
	Нар. размер - внут. размер I	м	0,40
	Кэф-т U стр. эл-та I	Вт/(м <sup>2</sup> °С)	0,138
Примыкающая поверхность II	Разность темп-р □□ II	°С	30
	Нар. размер - внут. размер II	м	0,30
	Кэф-т U стр. эл-та II	Вт/(м <sup>2</sup> °С)	0,110
	□ привязка к нар. размеру	Вт/(м <sup>2</sup> °С)	-0,061

Таблица 3.

Учет влияния тепловых мостов в энергодансе здания в листе "Тепло для отопления" РНРР 2007

Строительные конструкции	Температурная зона	Площадь, м <sup>2</sup>	Коэффициент U, Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	Понижающий коэффициент $f_i$	Gt, к·°С·ч/год	Трансмиссионные теплопотери $Q_T$
Наружная стена - наружный воздух	A	196,3	0,028	1,00	118,4	4838
Крыша/перекрытие - наружный воздух	A	112,3	0,216	1,00	118,4	2878
Фундаментная плита/пол	B	101,4	0,203	0,45	118,4	1089
Окна	A	35,2	2,088	1,00	118,4	8697
Наружная дверь	A	0,8	1,103	1,00	118,4	99
Тепловые мосты - наруж. возд. (длина/м)	A	246,2	-0,020	1,00	118,4	-583
Тепловые мосты - по краям (длина/м)	P	42,0	-0,051	0,45	118,4	-113
Тепл. мосты - грунт (длина/м)	B	38,6	0,823	0,45	118,4	1684
Сумма площадей оболочки:		445,9			Сумма:	18588

Актуальность темы расчета теплотехнических характеристик ограждающих конструкций обусловлена большим количеством вопросов, возникающих на стадии проектирования зданий при выполнении расчетов в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». И прежде всего при выполнении расчетов с применением программ расчета температурных полей.

Программный комплекс для расчета 2D/3D температурных полей в составе HEAT2 и HEAT3 соответствует стандартам ISO 10211 [4] и ISO 10077-2 [10] и позволяет упростить решение ряда задач, связанных с расчетом температурных полей и свести к минимуму возникновение ошибок в расчетах.

Программный комплекс HEAT2/HEAT3 имеет широкие возможности:

Расчет 2D/3D стационарного/нестационарного процесса теплопередачи;

Проведение анализа тепловых мостов, расчет коэффициентов  $\Psi$  и  $\chi$ ;

Расчет приведенного сопротивления теплопередачи и коэффициентов теплотехнической однородности ограждающих конструкций;

Анализ распределения температур на поверхностях (санитарно-гигиенические требования) и в толще ограждений;

Расчет теплопотерь через конструкции, контактирующие с грунтом;

Оптимизация крепления теплоизоляции и консольных элементов;

Анализ параметров напольного отопления;

Расчет оконных профилей и оконных примыканий.

В новой версии также стало доступно:

1. Добавлен список материалов из СП 50.13330.2012 [1].
2. Для HEAT2 количество узлов расчетной сетки увеличено до 4.000.000
3. Для HEAT3 количество узлов расчетной сетки увеличено до 50.000.000

4. Автоматический расчет  $\Psi$  в соответствии с ISO 10211 [4].
5. Генератор отчетов с возможностью экспорта в различные форматы.

Далее на рисунках 10-12 представлены несколько примеров расчета для различных узлов примыканий наружных ограждающих конструкций.

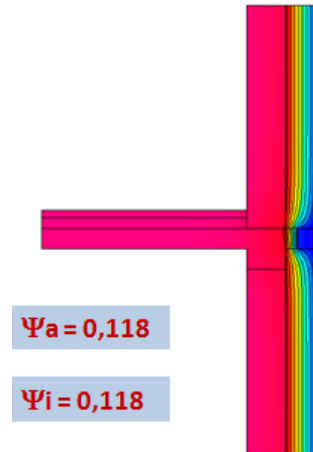
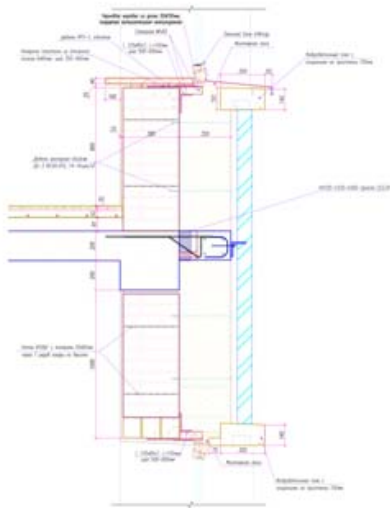


Рис. 10 - Примыкание ж/б консоли к наружной стене через несущий теплоизоляционный элемент в зоне межэтажного перекрытия

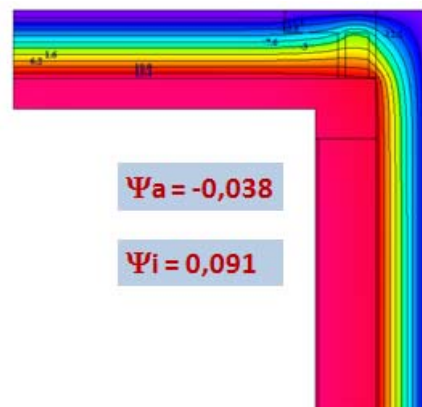
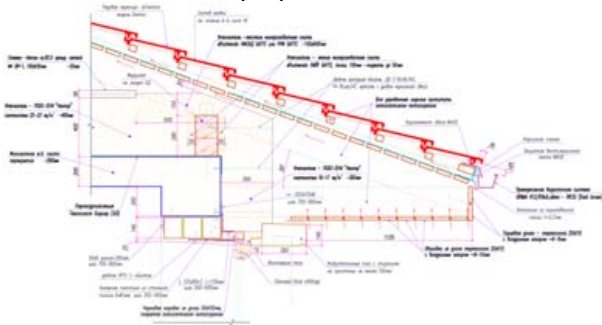


Рис. 11. Примыкание чердачного перекрытия и наружной стены

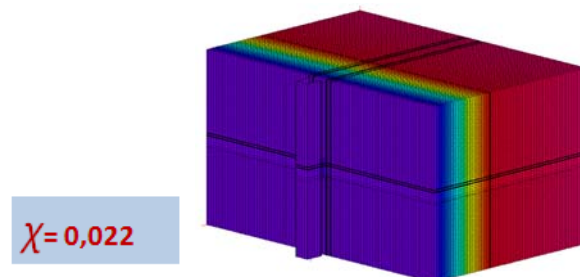
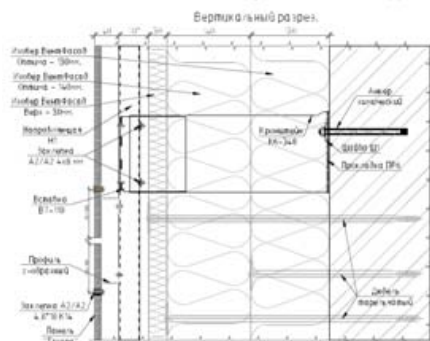


Рис. 12. Учет влияния кронштейнов подсистемы вентилируемого фасада

### Выводы

В настоящее время существующие российские нормативные документы по расчету и учету влияния теплопроводных включений нуждаются в доработке и детализации с учетом европейского опыта.

### Литература

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
3. СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций».
4. ISO 10211 «Thermal bridges in building construction -- Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations».
5. ISO 14683 «Thermal bridges in building construction -- Linear thermal transmittance -- Simplified methods and default values».
6. DIN 4108 Beiblatt 2 «Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele».
7. DIN 4108-6 «Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs».
8. ISO 13370 «Thermal performance of buildings -- Heat transfer via the ground -- Calculation methods».
9. ISO 13789 «Thermal performance of buildings -- Transmission and ventilation heat transfer coefficients -- Calculation method».
10. ISO 10077-2 «Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance - Part 2: Numerical method for frames».
11. PHPP 2007 «Пакет проектирования пассивного дома».
12. IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und – Ökologie (Hrsg.) «Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen».
13. Torsten Schoch «Neuer Wärmebrücken-katalog. Beispiele und Erläuterungen nach neuer DIN 4108 Beiblatt 2».
14. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut «Wärmebrückenfreies Konstruieren Protokollband Nr. 16».
15. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut «Wärmeverluste durch das Erdreich Protokollband Nr. 27».
16. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut «Wärmebrücken und Tragwerksplanung – die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens Protokollband Nr. 35».
17. Вольфганг Файст, «Основные положения по проектированию пассивных домов». Перевод с немецкого с дополнениями под редакцией А. Е. Елохова - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. - 144 с.

## METHODS AND EXAMPLES OF THERMAL BRIDGES CALCULATION

**Summary:** the article addresses the question of necessity to take into account thermal bridges due to the newly introduced regulations, but there is a problem in the absence of the correct methods of their calculation. There are found the main differences between the European and Russian methods, is suggested calculation method, which is based on European regulations and allows to calculate and take into account all types of thermal bridges using tools such as the programs HEAT2 / HEAT3 for heat transfer and passive house planning package PHPP.

**Keywords:** external building envelope; reduced total heat transfer resistance; thermal bridges; transmission heat losses; design; software for heat transfer.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Зайцев Олег, Лукьянченко Дарья, Меннанов Эльмар, Степанцова Наталья

Академия строительства и архитектуры Крымского Федерального университета им. В.И.Вернадского корп.4, ул. Киевская, 181, г. Симферополь, Республика Крым, 295493

e-mail: zon@ukr.net

**Аннотация.** В статье приведены результаты теоретических исследований поля температуры, скорости и давления в нагревательных приборах с различной тепловой инерцией. Показано, что практически линейный режим регулирования расхода теплоносителя наблюдается в очень малом диапазоне постулируемой области работы терморегулятора. Выявлены наиболее предпочтительные для применения типы нагревательных приборов в системах с количественным регулированием.

**Ключевые слова:** нагревательный прибор, терморегулятор, система отопления.

### Общая постановка задачи

Оснащение отопительных приборов индивидуальными автоматическими регуляторами теплового потока (термостатами) позволяет в зависимости от типа регуляторов и условий их эксплуатации уменьшить расход тепловой энергии на отопление на 10-20% в основном за счёт снижения непроизводительных затрат теплоты [1-5], однако получаемая экономия зачастую меньше декларируемой.

### Анализ последних исследований и публикаций

Основным недостатком в работе регулируемых систем отопления является узкая область линейного действия терморегуляторов (от 0,3 до 0,7 хода клапана). Также необходимо отметить, что, несмотря на достаточно развитую теорию гидравлического регулирования систем отопления в настоящее время отсутствуют тепловые модели работы таких систем. Особенно негативна ситуация при малом тепловом напоре в нагревательном приборе, что характерно для возобновляемых источников энергии

**Целью работы** является совершенствование систем водяного отопления с низкотемпературным теплоносителем на основе рационального выбора нагревательных приборов для систем с качественным регулированием и выявления негативных факторов при эксплуатации и проектировании таких систем.

### Основной материал исследований

Рассмотрим способы регулирования теплопередачи отопительных приборов в системах отопления при использовании теплоносителя с начальной температурой более 60°C. Так, номинальный тепловой поток отопительного прибора  $Q_{н.т}$  есть величина, получаемая в процессе его тепловых испытаний в климатических камерах при определенных нормируемых условиях. Во время эксплуатации условия, как правило, отличаются от нормируемых. Тепловой поток отопительного прибора зависит от многих факторов, например, от способа установки и подключения

прибора, конструкции декоративного ограждения, состава и цвета красителя. Например, окраска заметно влияет на теплоотдачу приборов с гладкой поверхностью и практически не влияет на теплоотдачу приборов с ребристой поверхностью. Эти факторы постоянны и учитываются путем введения поправочных коэффициентов к номинальному тепловому потоку.

Тепловой поток отопительного прибора  $Q_{от}$  зависит также от ряда переменных факторов. Эта зависимость имеет следующий вид:

$$Q_{от} = Q_{н.т} \left( \frac{\Delta t_{cp}^{мек}}{\Delta t_{cp}} \right)^{1+n} \left( \frac{G_{np}^{мек}}{G_{np}} \right)^p, \quad (1)$$

где  $\Delta t_{cp}^{мек}$ ,  $G_{np}^{мек}$  - текущие (эксплуатационные) значения разности средней температуры воды  $t_{cp}$  в приборе и температуры окружающего воздуха  $t_{в}$  и расхода воды в приборе;

$p$  - экспериментальный показатель, характеризующий конкретный прибор,  $p \in (0; 0,18)$  (радиаторам свойственны меньшие значения, конвекторам - большие);

$n$  - показатель степени, для конвекторов и радиаторов  $n \in (0,25; 0,35)$ .

На практике варьировать теплоотдачу нагревательных приборов можно изменением трех величин: начальной температуры поступающей в прибор греющей среды  $t_{в}$ , расхода этой среды  $G_{np}$  и продолжительности работы прибора  $u$ . В зависимости от того, изменением какой из величин осуществляется изменение теплоотдачи нагревательного прибора, можно выделить следующие виды регулирования (рис.1):

Обозначим относительный тепловой поток отопительного прибора в переменном режиме работы  $\bar{Q}_{от}$ , где:

$$\bar{Q}_{om} = \frac{Q_{om}}{Q_{шт}}$$

Количественное регулирование – способ управления теплоотдачей отопительного прибора, основанный на изменении потока циркулирующего в нем теплоносителя, то есть на изменении величины относительного расхода греющей воды в переменном режиме работы прибора  $\bar{G}_{np}$  :

$$\bar{G}_{np} = \frac{G_{np}^{тек}}{G_{np}}$$

Поскольку показатель степени  $p$  в (1) переменная величина, применимость данного

метода регулирования зависит от вида отопительного прибора. Так, для радиатора чугунного секционного и стального панельного при движении теплоносителя в нем сверху вниз, при  $\Delta t_{cp} = 70^{\circ}C$ , при  $p = 0,02$  и  $n = 0,3$  зависимость относительной теплоотдачи от относительного расхода теплоносителя  $\bar{Q}_{om} = f(\bar{G}_{np})$  при различных  $\Delta t_{cp}^{тек}$  представлена на рис. 2:

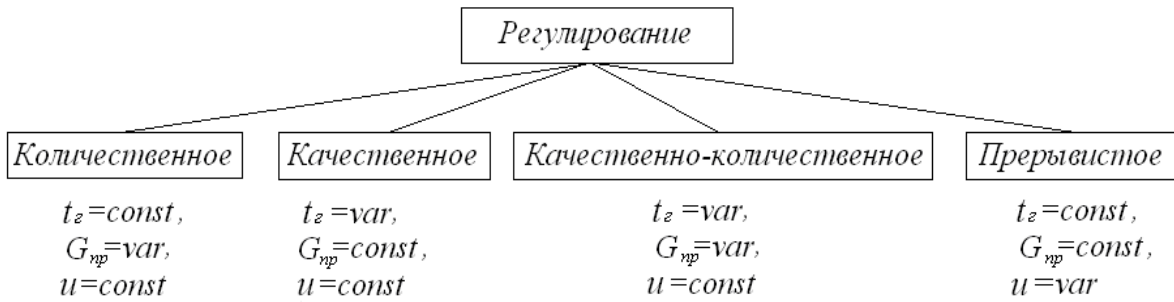


Рис. 1. Виды регулирования

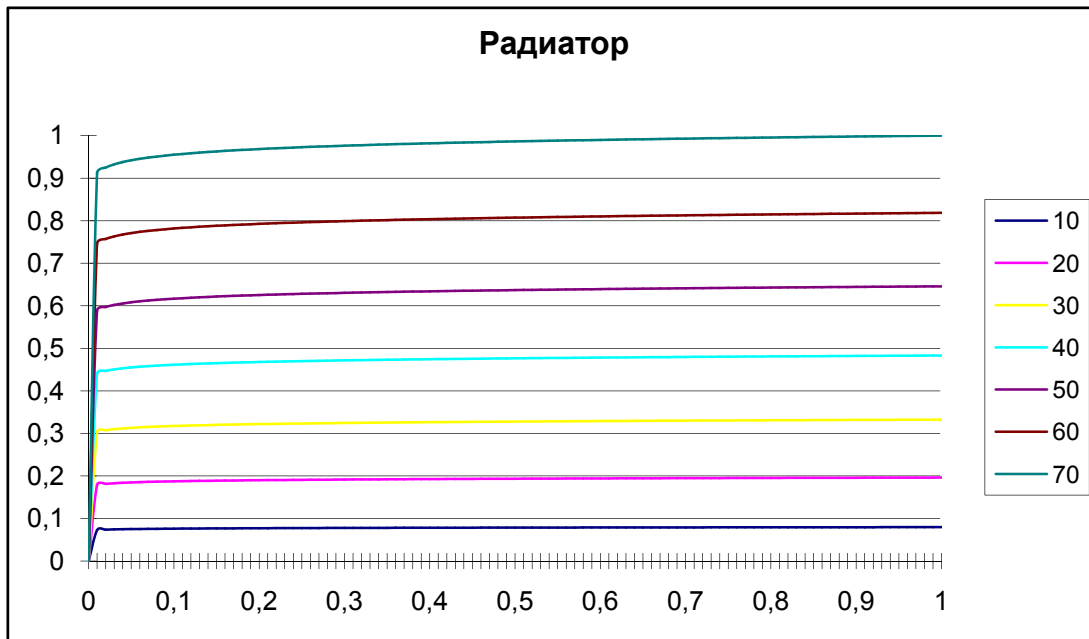


Рис. 2. Зависимость относительного теплового потока радиатора от относительного расхода теплоносителя в нем при различных  $\Delta t_{cp}^{тек}$

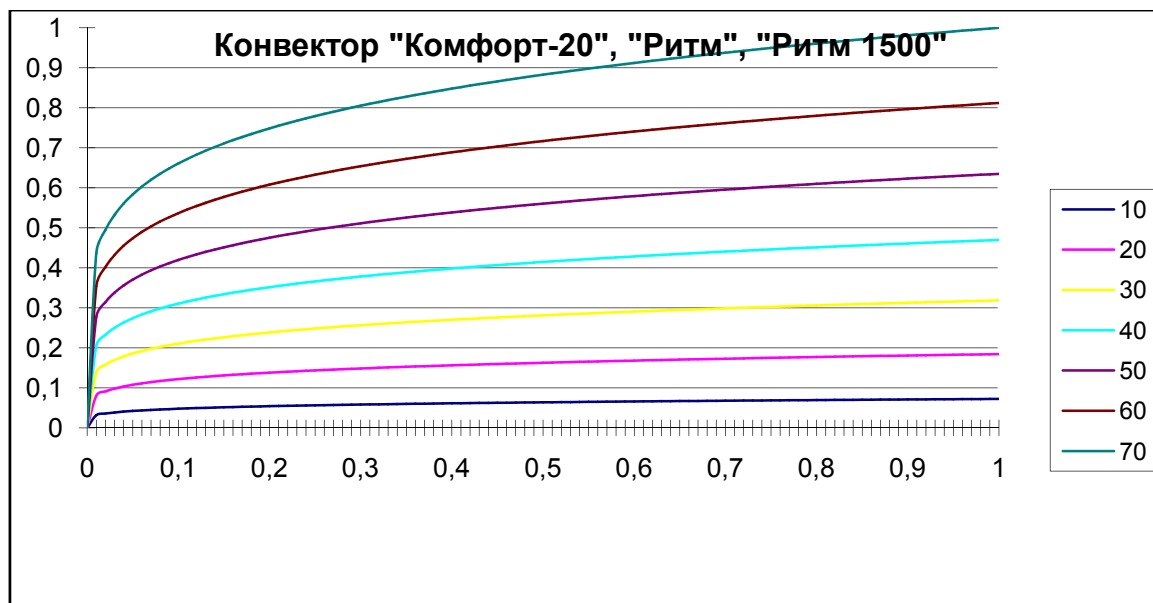


Рисунок 3 - Зависимость относительного теплового потока конвектора от относительного расхода теплоносителя в нем при различных  $\Delta t_{cp}^{мек}$

Как видно из рисунка 2, изменение расхода теплоносителя практически не влияет на тепловой поток от радиатора, то есть количественное регулирование в этом случае представляется малоэффективным.

Рассмотрим влияние относительного расхода теплоносителя на тепловой поток конвектора. При  $\Delta t_{cp} = 70^{\circ}C$ ,  $p = 0,18$  и  $n = 0,35$  зависимость  $\bar{Q}_{om} = f(\bar{G}_{np})$  при различных  $\Delta t_{cp}^{мек}$  представлена на рис. 3:

Как видно из графика (рис.3), изменение теплового потока конвектора методом количественного регулирования возможно. При этом значению расхода 10% от расчетного соответствует теплоотдача приблизительно 65% от расчетной, что затрудняет процесс регулирования при низких значениях  $\bar{Q}_{om}$ .

Осуществляется этот метод количественного регулирования с помощью терморегулятора, изменение расстояния между

седлом и конусом клапана в котором вызывает изменение потока теплоносителя. Основным преимуществом применения автоматического терморегулятора является возможность индивидуального регулирования теплового потока каждого отопительного прибора. Это позволяет избежать повышенного расхода теплоты в системах отопления при наличии дополнительных теплоизбытков в отапливаемом помещении. Возможная экономия теплоты достигает, по разным данным, 15 – 25% [2-4]. Необходимо отметить, однако, что возможности количественного регулирования ограничиваются типом отопительного прибора. Как было показано выше, чугунные секционные и стальные панельные радиаторы практически не изменяют теплового потока при изменении расхода теплоносителя через них. Кроме того, можно отметить низкую эффективность совместной работы терморегуляторов и инерционных отопительных приборов в силу значительной продолжительности нагревания и остывания последних (рис. 4).

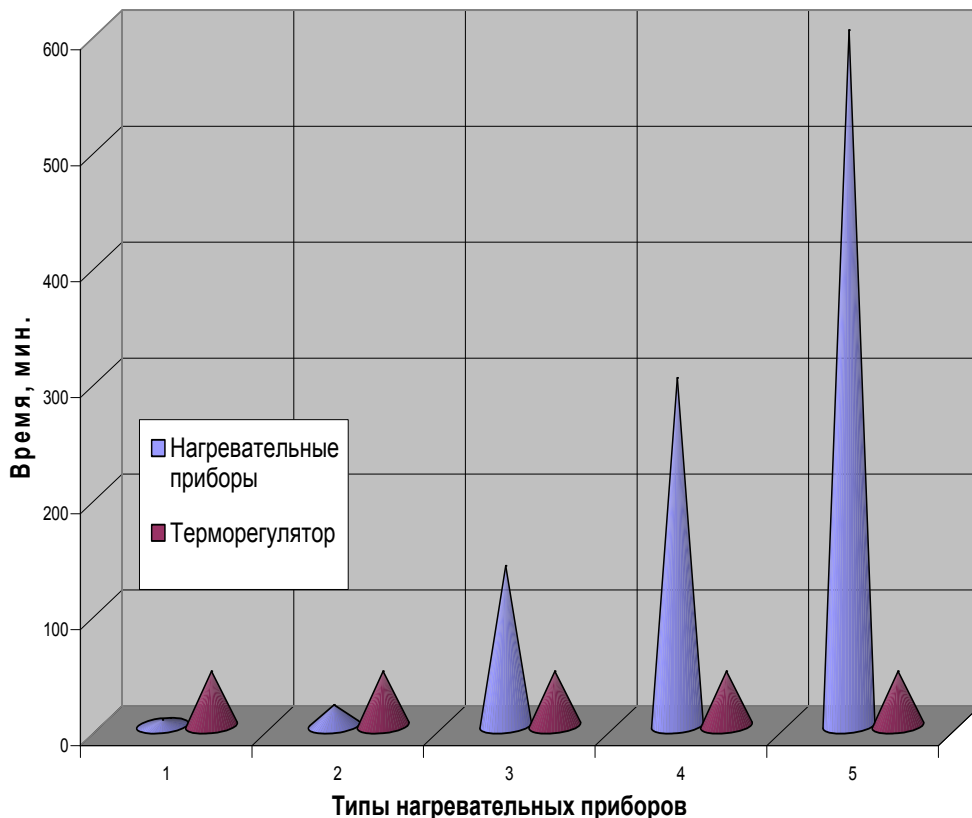


Рис. 4. Сопоставление времени закрытия терморегулятора с временем остывания нагревательного прибора:

- время остывания нагревательного прибора (1- конвектор, 2- стальной радиатор, 3 – чугунный радиатор, 4 – нагревательная панель в стене, 5 – нагревательная панель в перекрытии).
- время полного закрытия терморегулятора.

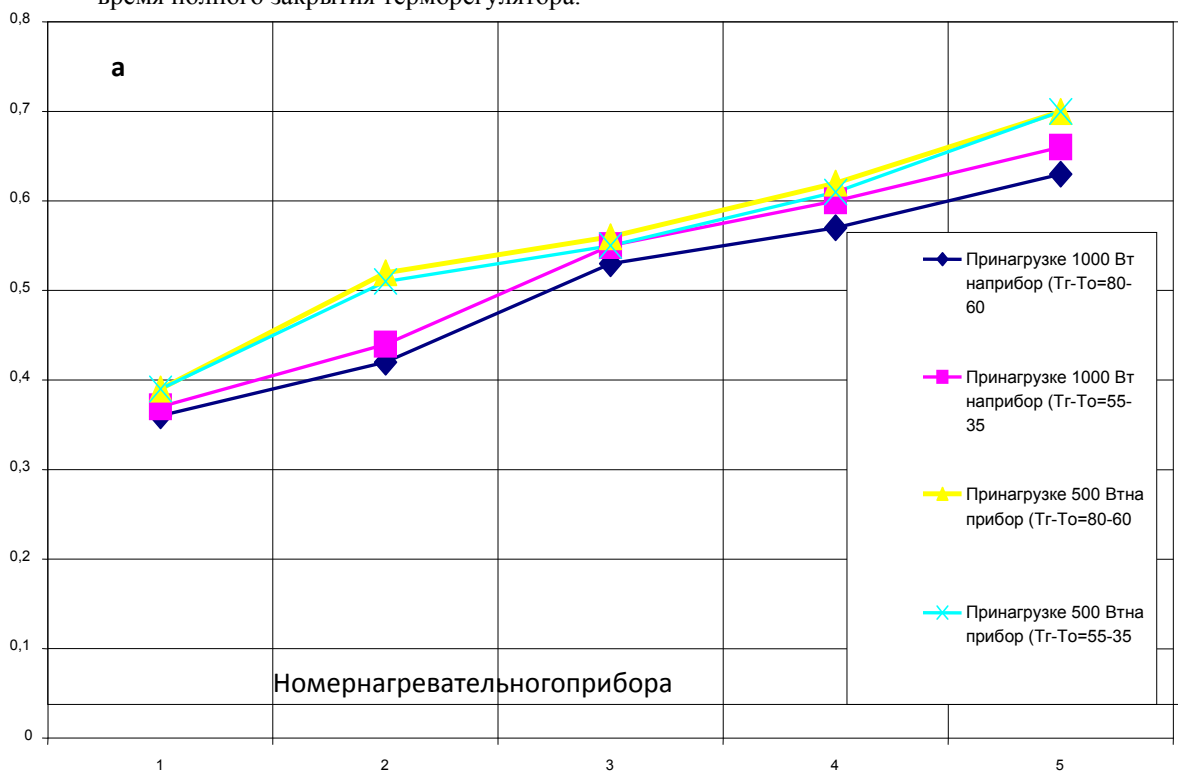


Рис. 5. Изменение авторитета терморегуляторов на нагревательных приборах по ходу движения теплоносителя

Данный график позволяет сделать вывод о том, что терморегуляторы корректно работают совместно с конвекторами и стальными, алюминиевыми, биметаллическими радиаторами. В случае установки терморегуляторов на чугунные радиаторы при изменении температуры внутреннего воздуха (например, при ее повышении) поток теплоносителя в нагревательный прибор прекратится, поскольку время остывания последнего значительно больше времени полного закрытия клапана терморегулятора. То есть регулирование в данной системе будет осуществляться в двух позициях – клапан терморегулятора либо полностью открыт, либо закрыт, что снижает эффективность регулирования с точки зрения энергосбережения. Кроме того, в процессе работы автоматических терморегуляторов возникают нестационарные гидравлические режимы в системе, то есть необходимо рассмотреть влияние температурного режима системы отопления на эффективность совместной работы нагревательных приборов и терморегуляторов. Поскольку существующие программные продукты для расчета систем водяного отопления, предлагаемые на рынке, предусматривают не только определение гидравлических потерь в системе, но и расчет предварительных настроек положения клапанов терморегуляторов в зависимости от потерь давления до рассчитываемого нагревательного прибора. Для наглядности режимов работы терморегуляторов, находящихся на одной ветке с постоянным перепадом давления (рекомендуется установка балансировочного вентиля на 6-8 нагревательных приборов) был выполнен гидравлический расчет в таком программном продукте и определен авторитет терморегуляторов для пяти последовательно расположенных нагревательных приборов при различных нагрузках на данной ветке и при условии равномерного распределения тепловой нагрузки по нагревательным приборам. Результаты расчета приведены на рис.5.

Анализ полученного графика показал, что снижение нагрузки незначительно влияет на изменение авторитета терморегулятора нагревательного прибора, при этом изменение температурного режима также не влияет на предварительную настройку клапана терморегулятора. Поскольку основной характеристикой нагревательного прибора является номинальный тепловой поток, то вывод о незначительном влиянии достаточно условен, учитывая, что программа предназначена для гидравлического расчета.

Полученное изменение авторитета терморегулятора в пределах одной ветки в зависимости от расположения нагревательного прибора свидетельствует, что все терморегуляторы, кроме среднего имеют меньшую линейную характеристику регулирования. То есть первые два (из рассмотренных пяти) имеют авторитет,

позволяющий им работать в задекларированной производителем (от 0,3 до 0,7) области линейного регулирования только при открытии клапана терморегулятора (то есть при охлаждении помещения), а при избытке тепла – регулирование будет нелинейным, в режиме «пуск-стопа». Терморегуляторы, расположенные после среднего (4-5), характеризуются тем, что их область нелинейного регулирования находится при открытии клапана (то есть при охлаждении помещения).

Таким образом, можно сделать вывод о уменьшении эффективного диапазона работы терморегулирующих клапанов в процессе эксплуатации при установке балансировочного вентиля на ветке с более чем с двумя нагревательными приборами. Но, установка балансировочных клапанов в таком количестве удорожает систему отопления в несколько раз, поэтому в проектировании оставляют рекомендуемое количество (6-8 штук), при котором балансировочный клапан может обеспечить гидравлическую работу терморегулирующих клапанов, но не эффективную подачу тепла в помещение.

### Выводы

Терморегуляторы наиболее эффективно работают в случае установки конвекторов и стальных, алюминиевых, биметаллических радиаторов.

В случае установки терморегуляторов на чугунные радиаторы при изменении температуры внутреннего воздуха (например, при повышении) произойдет полное закрытие потока теплоносителя в нагревательный прибор, поскольку время остывания последнего значительно больше времени полного закрытия клапана терморегулятора.

Выявлено, что даже на проектной стадии значение авторитета терморегулятора в пределах одной ветки в зависимости от расположения нагревательного прибора кроме среднего предполагают уменьшение области линейной характеристики клапанов терморегулятора. То есть терморегуляторы до среднего нагревательного прибора на одной гидравлической ветке имеют авторитет, позволяющий им работать в задекларированной производителем (от 0,3 до 0,7) области линейного регулирования только при открытии клапана терморегулятора (то есть при охлаждении помещения), а терморегуляторы, расположенные после среднего, находятся в данной области при закрытии клапана.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нудлер Г.И., Тульчин И.К. Автоматизация инженерного оборудования жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1988. – 223 с.
2. Покотилов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и

- холодоснабжения / В.В. Покотилов. – Вена.: фирма «HERZ Armaturen», 2010. – 176 с.
3. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование / В.В. Пырков. – К.: И ДП «Такісправи», 2007. – 251 с.
4. Грановский В.Л. Основные принципы конструирования и испытаний отопительных приборов со встроенными терморегуляторами / В.Л. Грановский // АВОК. – 2005. – №4. – С. 48-52.
5. Petitjean R. Total hydronic balancing: A handbook for design and troubleshooting of hydronic HVAC systems / R. Petitjean. – Gothenburg: TA AB, 1994. – 530 p.

## IMPROVE THE EFFICIENCY OF LOW-TEMPERATURE HOT WATER HEATINGSYSTEMS

**Summary.** The article presents the results of theoretical studies of the field of temperature, velocity and pressure in the heating devices with varying thermal inertia. It is shown that almost a linear coolant flow regime is observed in a very small range of postulated work area temperature control. Revealed the most preferred for use types of heaters in systems with quantitative regulation.

**Keywords:** heater, thermostat, heating system.

## ОБЗОР МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Екатерина Камышникова

аспирант кафедры Водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Академия строительства и архитектуры  
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181

**Аннотация.** При рекуперации стоков часто сталкиваются с необходимостью хранения. Содержащиеся в такой воде биогенные элементы приводят к ухудшению качества за счет протекающих в ней процессов эвтрофикации. В статье рассматриваются основные методы очистки сточных вод, которые могут быть применены для удаления биогенных элементов, в частности – биологические системы с нитрификацией, денитрификацией, деаммонизацией и дегазацией иловой смеси, биоплато, физико-химические методы, представленные реагентными, сорбционными и мембранными методами, а также физические и химические методы выделения струвита из сточных вод.

**Ключевые слова:** Биогенные элементы, биологическая очистка, физико-химическая очистка, аммонийный азот, фосфаты

### Введение

Проблемы рационализации водопользования, а также очистки природных и сточных вод появились задолго до того, как в XIX-м веке были построены первые в Европе очистные сооружения водопровода (Лондон) и канализации (Дижон) [1].

Одним из самых очевидных путей создания наиболее грамотной системы водопользования является уменьшение итоговых объемов сточных вод, сбрасываемых в поверхностные источники, при помощи систем повторного использования стоков.

Еще в ранних отечественных документах, содержащих нормативы качества поверхностных вод ([2], [3], и др.), рекомендуется рекуперация сточных вод:

«Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды: а) которые могут быть устранены путем рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения; или устройства бессточных производств», [2].

Системы повторного использования стоков давно разрабатываются и используются в промышленности для обработки образующихся в процессе производства специфических стоков, а в отдельных случаях – и для получения питьевой воды из сточной. Но повторное применение хозяйственно-бытовых стоков в циклических схемах водопользования мало распространено. Одна из основных причин такой ситуации в человеческой психологии. На данном этапе развития общества оборотное питьевое водоснабжение на основе очищенных стоков без предварительного разбавления едва ли может применяться в широких масштабах.

Бытовые стоки, а также осадки, образующиеся при их обработке, нашли свое использование в сельском хозяйстве – в основном в растениеводстве, для орошения и удобрения культур. Так, в США в зависимости от региона 15...47% стоков используется для орошения, в Японии этот показатель составляет 13%. Менее 2% стоков используется в Польше и Венгрии. Значительное количество сточных вод повторно

используют Израиль (65%) и Тунис (75%). В Европе очищенная сточная вода в основном используется для технических нужд, однако средний показатель использования стоков для орошения по южноевропейским странам доходит до 44% [4].

Ввиду содержания в стоках азота и фосфора, они являются ценным и экономичным сырьем для получения удобрений. Осадки сточных вод имеют агрономическую ценность по азоту в полтора раза, а по фосфору – в два-три раза выше, чем навоз. Приведенные в [5] исследования показывают, что удобренная осадком капуста имеет урожайность на 39% выше, чем та, что не получала удобрения. В случае же дополнительного внесения калийных удобрений, получен урожай, на 60% превышающий урожай контрольной капусты, и на 13% – капусты, получавшей подкормку минеральными удобрениями.

Применение сточных вод в сельском хозяйстве это перспективное и разумное решение проблемы рационального использования водных ресурсов. Статья рассматривает основные способы предварительной подготовки сточных вод для их применения в орошении.

### Постановка проблемы и задач исследования

Содержащиеся в сточных водах биогенные элементы могут быть использованы как в растворенном состоянии – в составе стоков, так и в виде выделенного осадка. Во втором случае вода используется для орошения, а осадок – в качестве удобрения для растений. Рассмотрим рациональность этих схем.

Применение биогенных элементов в составе сточных вод не требует особых технологий. В стоках, прошедших городскую канализационную очистную станцию (КОС), содержание загрязнителей мало, и достаточно произвести обеззараживание любым экологически безопасным способом.

Если представить в виде диаграммы данные об оптимальных концентрациях питательных веществ в сточной воде, используемой для орошения (Рис.1., составленный по данным [6]), и

сравнить эти значения с концентрациями веществ в бытовых сточных водах [7], можно заметить, что содержание фосфора и азота не достаточно для полного снабжения растений биогенными элементами.

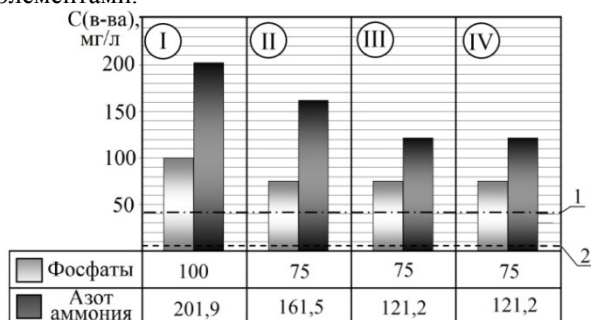


Рис.1. Требования к химическому составу сточных вод, используемых в орошении: I –дерново-подзолистых почв; II –серых лесных почв; III – черноземов; IV – для каштановых [6]; 1 – содержание азота аммонийного в сточной воде без очистки; 2 – содержание фосфатов в сточной воде без очистки [7].

Показанные на рисунке концентрации аммонийного азота и фосфора (1 и 2 соответственно) даны для воды, которая не была очищена. Реальные концентрации в сточных водах, сбрасываемых после КОС, еще ниже.

Так, согласно данным работы [8], на 50-65% отечественных очистных станциях в результате очистки происходит удаление аммонийного азота до концентраций менее 2 мг/л. На 15-27% происходит частичная нитрификация, на 5-15% качество очистки воды по данному загрязнителю неудовлетворительно. При удалении фосфора на 19-28% станций достигаются концентрации менее 1 мг/л, на 40% станций – более 2 мг/л.

В случае использования воды с низкими концентрациями требуется дополнительное внесение не только калийных, но также азотных и фосфорных удобрений. Сточная вода не может использоваться в качестве единственного источника питательных веществ для сельхозкультур.

Кроме того, при сельхозиспользовании воды наблюдается существенная неравномерность – как суточная, так и сезонная, связанная с периодом вегетации культур. Это вызывает необходимость усреднения расхода.

Применяется хранение сточных вод в искусственных или естественных резервуарах-накопителях, а также подпитка сточной водой подземных водоносных горизонтов с последующим использованием для различных нужд [4].

При хранении очищенных сточных вод из-за содержания биогенных элементов может возникнуть явление эвтрофикации, что приведет к ухудшению качества воды и сделает дальнейшую ее обработку более сложной. Следовательно, несмотря на необходимость дополнительных затрат, связанных с очисткой, более рациональной является схема водопользования, предусматривающая

отдельное использование биогенных элементов. При этом желательно, чтобы удаленный из воды осадок можно было обработать для получения удобрения. Существует множество способов такой переработки – как с применением пиролиза по методу [9], так и более консервативных – путем компостирования, как, например, в изобретении [10].

Для обеспечения безопасности осадка при обработке стоков в него должно попадать минимальное количество примесей, которые могут оказать негативное влияние на удобряемые культуры.

#### Анализ методов

Биогенные элементы из сточных вод удаляют биологическими, физико-химическими и комбинированными методами.

#### Биологические методы

С систем биологической очистки началась история очистки стоков. Изначально для очистки сточных вод использовалась биологическая очистка на полях орошения, затем по тому же принципу были созданы биофильтры. Еще в 1879-м году были проведены первые отечественные исследования на предмет потенциального использования почвенной очистки стоков [11]. В 1914 г. очистные сооружения начали очищать сточную воду, используя активный ил, [12].

Эта группа методов также является наиболее безопасной с природоохранной точки зрения.

Системы биологической очистки во главе с аэротенками или биофильтрами позволяют снизить концентрацию биогенных элементов на 30%. В тех случаях, когда применяются специальные системы с анаэробными и аноксидными зонами, а также нитри- и денитрификацией, эффект очистки может доходить до 95-98%. Образующиеся при этом осадки после стабилизации могут служить в качестве удобрения.

Для создания биологических систем, способных в достаточной степени удалить биогенные элементы, комбинируют различные режимы работы сооружений. Варианты схем, предназначенных для интенсивной дефосфотации и удаления соединений азота, рассмотрены ниже.

*Двухступенчатая денитрификация с механическим перемешиванием и внутренней циркуляцией.* Примером превращения стандартных аэротенков в систему биологического удаления соединений азота и фосфора может служить реконструированная станция очистки г.Набережные Челны [13].

Биологические очистные сооружения, изначально представленные аэротенками с фактической производительностью 165 м<sup>3</sup>/сут, в ходе двух реконструкций были переоборудованы в аэротенки со ступенчатой денитрификацией, механическим перемешиванием и внутренней циркуляцией (рис. 2 [13]).

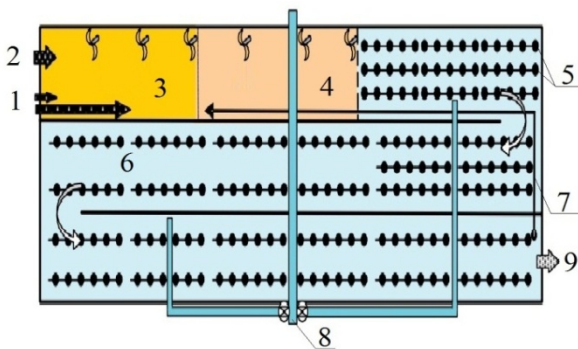


Рис. 2. Схема работы аэротенков после реконструкции: 1 – подача стоков; 2 – подача ила; 3 – анаэробная зона; 4 – аноксидная зона; 5 – аэроторы; 6 – зона аэрации; 7 – рецикл иловой смеси; 8 – воздух; 9 – выход иловой смеси [13].

Эффект очистки по аммонийному азоту составляет 98,4%, по фосфору 34,8%. Концентрации загрязнений в сточной воде сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Параметры сточных вод [13]

Загрязнитель	Концентрация, мг/л			Э, %
	$C_{en}$	$C_{ex}$	$C_{ex.гес}$	
Аммонийный азот	21	0,3...0,6	0,33	98,4
Фосфор	2,3	0,2...2,5	1,5	34,8

**Биоплато.** Все большее распространение получают так называемые фито-очистные сооружения (ФОС) по типу биоплато. Эти сооружения представляют собой естественные или искусственные водоемы, в которых главным звеном системы очистки является водная растительность.

Эффективность ФОС связана со способностью водоемов к самоочищению за счет жизнедеятельности водных организмов. При этом происходит естественная трансформация биогенных элементов.

Биоплато экологичны, не требуют потребления реагентов для удаления биогенных элементов. На ФОС без принудительной аэрации нет дополнительного потребления электроэнергии, в случае же применения аэрации затраты на нее

примерно в три раза ниже, чем для аэротенков. Также немаловажен тот факт, что на биоплато нет необходимости в утилизации осадков [14].

Существует несколько видов биоплато, различающихся конструктивными параметрами. Классификация различных ФОС показана на схеме рис.3 (схема составлена по материалам [14]).

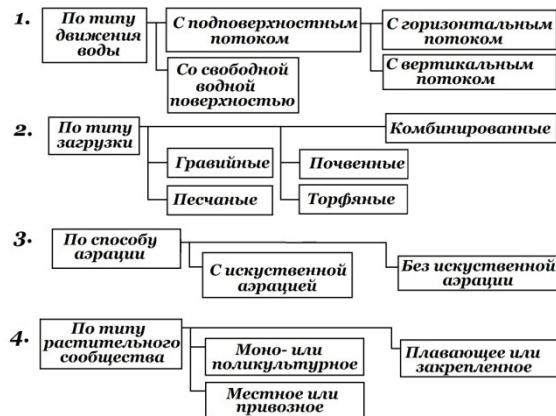


Рис.3. Классификация видов ФОС [14]

Исследования показывают, что степень очистки на биоплато зависит как от качества исходной воды, так и от вида используемого растительного сообщества и плотности его высадки на поверхности сооружения. По результатам, которые были описаны в нескольких работах в области ФОС, составлена таблица 2.

В [15] данные исследований приводятся для воды, после КОС, удаление загрязнений производилось сообществом наяды мелкозубчатой. В [16] биоплато совмещены со вторичными отстойниками, и опыты проводились на сообществе наяды и валлиснерии [16]. В [17] вода перед биоплато прошла механическую обработку, растительное сообщество ФОС на 45...60% (оптимально 50) представлено элодеей канадской, на 30...35% (35) камышом озерным, и на 12...15% (15) рогозом узколистым. Данные [14] приведены для биоплато с подповерхностным потоком и искусственной аэрацией..

Таблица 2.

Эффективность применения биоплато

Параметр	Поглощение загрязнителя растительным сообществом ФОС, г/кг·сут (%) при использовании:				
	Наяда [15]	Наяда [16]	Валлиснерия [16]	[17]	[14]
N общий	2,4 (*)	0,12 (*)	0,12 (*)	* (*)	* (до 91%)
в т.ч.: NH4	* (*)	1,4 (*)	1,5 (*)	* (56...80%)	* (до 99%)
Фосфор	0,5 (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (до 99%)

\* источник не приводит данные

В целом данные исследований показывают, что степень очистки на биоплато сильно зависит от скорости стоков, проходящих сквозь растительное сообщество, концентрации биогенных элементов в них, а также от времени года – в [17] указывается, что степень очистки по азоту аммонийному в вегетационный период достигает 80%, а в холодное время года падает до 56%.

**Технология М-Дефанокс.** Технология, представленная в работе [18], включает очистку в анаэробных, аэробных и аноксидных условиях. В нитрификаторах применяется плавающая загрузка, занимающая 50% объема сооружений [19].

Для обеспечения достаточной степени биологической очистки требуется отношение БПК<sub>5</sub>:N-NH<sub>4</sub> > 20:1, и отношение БПК<sub>5</sub>:P<sub>общ</sub> > 5:1 [21]. На реальных сооружениях такие параметры стока выдерживаются не всегда. Технология М-Дефанокс проверена в условиях очистки слабоконцентрированного стока.

На рис.4 – схема полупромышленной установки М-Дефанокс [19].

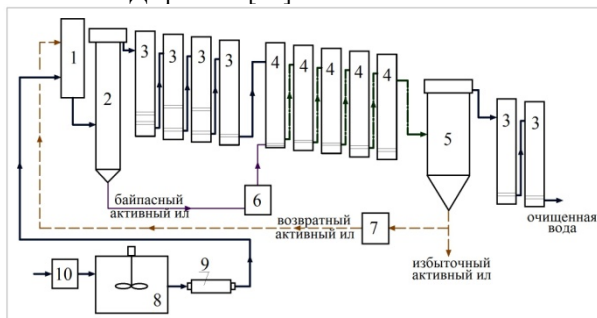


Рис.4 Схема установки М-Дефанокс 1 – селектор; 2 – отстойник; 3 – нитрификатор; 4 – денитрификатор; 5 – отстойник ила; 6 – шнек-насос байпасного ила; 7 – шнек-насос возвратного ила; 8 – усреднитель; 9 – насос исходной воды; 10 – насос подачи стоков на установку [19].

При низких концентрациях азота и фосфора установка удаляет из воды до 99% аммонийного азота и 85...86% фосфора. При начальном содержании 28 мг/л азота аммонийного и 3,2 мг/л фосфора, на выходе получены концентрации 0,15 и 0,25 мг/л соответственно. При высокой нагрузке по аммонийному азоту (175 мг/л) эффект очистки составил 95% [19].

В силу аноксидных условий очистки происходит экономия 13...17% воздуха на аэрацию [18]. Плавающая загрузка способствует уменьшению объема удаляемого из системы ила в два раза [19].

**Дегазация.** Улучшить работу классических сооружений биологической очистки может разработанный в 2005 году метод вакуумной дегазации [20], [21]. Схема и внешний вид установки показаны на рис.5.

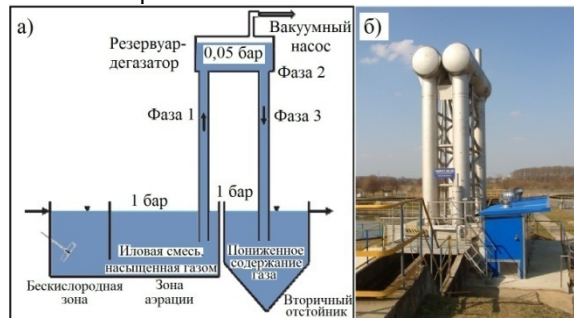


Рис.5. Установка дегазации: а) Принцип работы вакуумной колонны-дегазатора [20]; б) Фото установки дегазации, работающей в г. Ченстохова, Польша, [21].

В сточной воде после биологической очистки концентрация азота близка к уровню насыщения (при 20°C растворимость азота в воде 23,3 г/м<sup>3</sup> [22]), что мешает растворению азота, выделяющегося в слое осадка в отстойниках ила.

Это приводит к образованию пузырьков газа и флотированию иловой смеси. Применение технологии дегазации помогает улучшить процесс осаждения хлопков активного ила за счет удаления микропузырьков азота.

Дегазация способствует интенсификации биологического процесса удаления азота и фосфора.

В настоящий момент дегазация смеси вода-ил использована на сорока станциях по всему миру, в том числе в Польше, Китае, Эстонии и Канаде [23]. Технология защищена патентами в нескольких странах.

В таблице 3 приведены данные о концентрациях азота в сточной воде на станции Цинхе, Пекин [18], где применялась рассматриваемая установка

Таблица 3.

Концентрации биогенных элементов при работе системы с вакуумной дегазацией

Параметр	На входе, [20]		На выходе [20]				
	Проект.	Факт. 01.06-06.07	Проект	По факту, до и после внедрения дегазации			
				до внедр., 01.06-06.07		после внедр., 02.08 – 03.08	
			Блок 1	Блок 2	Линия Блока 2 без дегазации	Линия Блока 2 с дегазацией	
Расход, тыс.м <sup>3</sup> /сут	400	437	400	236,9	200,1	90	120
NH <sub>3</sub> - N	25	48	1,5	11,4	6,6	1,8	0,9
Общий фосфор	8	6,6	1	0,38	0,54	*	*

\* источник не приводит данные

Таким образом, все методы биологической очистки являются экологичными и позволяют добиться глубокого извлечения биогенных эле-

ментов. Однако, такие сооружения также имеют ряд недостатков.

**Недостатки биологических систем.**

1. Из биологических систем самой высокой степени очистки позволяют добиться биоплато, но такие сооружения работают неравномерно в течение года, что связано с особенностями жизнедеятельности растительного сообщества при разных температурных режимах.

2. Также биоплато приводят к потере биогенных элементов и невозможности их применения. Упомянутые недостатки не свойственны емкостным биологическим системам типа аэротенков.

3. Для строительства биологических сооружений зачастую необходимы большие территории, особенно в тех случаях, когда применяются системы фитоочистки.

4. При использовании систем с очисткой активным илом есть необходимость поддержания оптимального возраста активного ила, что подтверждено при пусконаладке аэротенков на КОС г.Набережные Челны [13]. Согласно [24], такой возраст ила составляет 6...11 суток.

5. Согласно исследованию [25] а также [13], в отстойниках активного ила происходит вторичное загрязнение сточных вод соединениями азота и фосфора, равное по аммонийному азоту до 1,1 мг/л, по фосфору – до 0,16 мг/л. Для предотвращения этого явления требуется введение фосфоросажающих реагентов [24].

**Физико-химические методы**

Физико-химическая очистка от биогенных элементов включает спектр методов, которые подразделяются на реагентные, мембранные и сорбционные.

*Реагентное осаждение.* С этой группы методов в XIX веке начиналась история физико-химической очистки. Впервые способ реагентной

очистки с применением коагулянтов использовали в Лондоне, но методика не прижилась из-за недостаточной проработанности. Возвращение к реагентным методам произошло в 30-х гг XX века, с созданием станции в г.Роузмаунт, США [26].

Физико-химическая очистка от фосфатов с использованием реагентов широко распространена. Для удаления содержащихся в сточной воде отрицательных частиц фосфатов, чаще всего применяют реагенты, содержащие соединения железа (II и III), и алюминия. Соли кальция, цинка, магния имеют те же свойства, но дефосфотаторы на их основе используют реже.

Результаты исследований [27], [28]. показывают, что реагентное осаждение фосфатов позволяет эффективно удалить оные. Но при необходимости использования в сельском хозяйстве очищенных сточных вод и осадков, нужно учитывать влияние входящих в их состав металлов на качество выращиваемых на них культур.

После обработки реагентами на основе железа и алюминия, в воде и осадке содержатся ионы металлов. Нормы [27] и [28] не лимитируют их концентрации в почве, но при содержании в поливной воде более 1 мг/л алюминия ухудшается усвояемость культурами таких элементов, как фосфор, азот и железо. Также происходит угнетение роста корней [29]. Железо, являясь необходимым для роста растений элементом, может навредить при избыточном его содержании в почве [30].

В таблице 4 приводится сравнение эффективности применения различных видов реагентов для удаления фосфатов по данным исследований [27], [28]. В таблице МСВ – модельная сточная вода, ГСВ – городская сточная вода, БОВ – вода после биологической очистки, СВ – сточная вода без предварительной очистки.

Таблица 4.

Сравнение эффектов очистки при использовании различных видов коагулянтов

Реагент	Вид стока	Доза реагента, мг/л	С <sub>ЕН</sub> , мг/л:		С <sub>ЕХ</sub> , мг/л:		Эффект очистки, %	
			Фосфаты	N-NH <sub>4</sub>	Фосфаты	N-NH <sub>4</sub>	Фосфаты	N-NH <sub>4</sub>
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , [27]	МСВ	5	0,85-1	*	0,065	*	94	*
	ГСВ	100	13,5	*	0,45	*	97	*
NaAlO <sub>2</sub> , [27]	МСВ	5	0,85-1	*	0,05	*	95	*
ОХА, [27]	МСВ	5	0,85-1	*	0,007	*	99	*
FeCl <sub>3</sub> , [27]	ГСВ	100	13,5	*	0,2	*	98,5	*
Аква-аурат™30, [28]	СВ	21	0,19	7,43	<0,016	3,2	>92	57
	БОВ	7	0,26	1,27	<0,016	0,3...0,6	>94	53...76
Алюмо-железный коагулянт (АЖК), [28]	СВ	21	0,19	7,43	<0,016	3,7	>92	51
	БОВ	10	0,26	1,27	<0,016	0,2...0,5	>94	61...84

\* источник не приводит данные

При высокой дозе коагулянта и высокой начальной концентрации фосфатов сульфат алюминия показал лучшую степень очистки, чем при низких дозе и концентрации (МСВ) [27]. С учетом одинаковой дозы реагента при обработке модельной воды наиболее высокую степень очистки по фосфатам показал оксихлорид алюминия – 99%. На городской воде более высокий эффект очистки получен при использовании хлорида железа – 98,5%, чем при использовании сульфата алюминия – 97% [27]. В [28] установлено, что эффективность очистки биологически обработанной воды от фосфатов и аммонийного азота коагулянтами Аква-Аурат™30 и АЖК выше, чем в случае применения упомянутых коагулянтов на сырой сточной воде.

Кроме основного действующего вещества, коагулянты содержат ряд примесей, в числе которых тяжелые металлы.

Известно, что тяжелые металлы способны накапливаться в организме растений. Как показывает [33], концентрации различных металлов в почве по-разному влияют на итоговый урожай картофеля и содержание металла в клубнях (см. Таблица 5, [33]).

В таблице 5  $C_{\text{почв}}$  – концентрация металла в почве, мг/кг; А – прибавка урожая при  $C_{\text{почв}}$ , т/га; В – возрастание концентрации металла в клубнях, раз;  $C_{\text{лим}}$  – концентрации металла в почве, при которых картофель пригоден для продовольственных целей.

Таблица 5.

Влияние концентрации металлов на урожай картофеля

Металл	$C_{\text{почв}}$ , мг/кг [31]	А, т/га [31]	В, раз [31]	$C_{\text{лим}}$ мг/кг [31]
Свинец	50	5,2	1,2... 1,5	50... 100
Цинк	150	4,1	1,6... 4,6	75... 150
Кадмий	1	Положительный эффект	1,9... 7,4	до 10
	10			

При концентрациях выше указанных в таблице 5, картофель пригоден только для кормовых целей.

Содержание упомянутых элементов в составе коагулянтов не велико, но примеси стоит учитывать при расчете дозы внесения осадков в почву. Процентное содержание металлов в некоторых реагентах показано в таблице 6.

Обозначения, принятые в таблице 6: АА30 - Аква-аурат™30 (полиоксихлорид алюминия 30%); Г – коагулянт Гранкол (полиоксихлорид алюминия 30%

по типу Аква-аурат 30);, PIX-111 – хлорное железо 40%

Таблица 6.

Содержание примесей в некоторых коагулянтах

Металл	Содержание в составе коагулянта, %		
	Г, [34]	АА30, [35]	PIX-111, [36]
Свинец	0,003	0,005	<0,5
Кадмий	0,0006	0,005	<0,01...0,03

В таблице 7 показаны данные материала [37], касающиеся нормирования содержания металлов в осадках, применяемых для изготовления компоста. Приводятся значения как норматива, так и средней величины концентрации металлов в сточных водах 12-ти предприятий. Также показаны ориентировочно-допустимые концентрации металлов в почве согласно [30].

В таблице 7 ПЗСВ – Предельные значения средней величины, мг/кг сухого вещества, [37], SSO – Норматив на осадок сточных вод (Sewage Sludge Ordinance), мг/кг сухого вещества, [37], ОДК – ориентировочно допустимая концентрация тяжелого металла в почве, [30].

Таблица 7.

Предельные значения концентраций тяжелых металлов

Металл	ПЗСВ, мг/кг	SSO, мг/кг	ОДК, мг/кг
Pb	300	900	32*, 65**, 130***
Cd	3	10	0,5*, 1**, 2***
Ni	50	200	20*, 40**, 80***
Zn	1250	2500 (2000*)	55*, 110**, 220***

\* для песчаных и супесчаных почв;

\*\* для кислых суглинистых и глинистых с величиной pH<5;

\*\*\* для нейтральных и близких к нейтральным суглинистых и глинистых с величиной pH>5.

*Комбинирование отдувки аммиака с реагентным осаждением фосфора.* В случае использования извести в качестве реагента для удаления фосфора, возможно применение метода отдувки аммиака. При этом вода после дефосфотации направляется на распыление на охладительные башни, где через струи воды пропускают воздух [38]. Схема, включающая башенную отдувку аммиака, показана на рис.6. [38].

Также известен метод барботажной отдувки аммиака. Такой способ обработки в частности использован в изобретении [39]. Вода, подаваемая на 8...10-ти минутное барботирование, должна иметь pH 11...11,5 и температуру 80-90°C. Удаление выделяющегося газа происходит под разрежением 0,06-0,05 МПа.

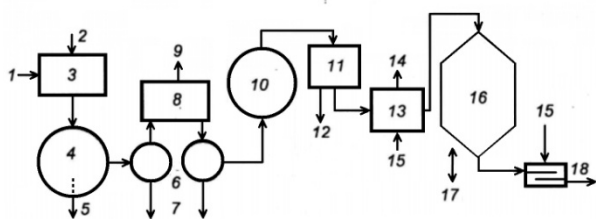


Рис.6. Схема отдувки аммиака. 1 – сточная вода; 2 – известь; 3 – смеситель; 4 – первичный отстойник; 5 – первичный осадок; 6 – рекарбонизаторы; 7 – осадок; 8 – башни воздушной отдувки; 9 – аммиак; 10 – усреднитель; 11 – фильтры; 12 – промывная вода; 13 – емкость-окислитель; 14 – газообразный азот; 15 – хлор; 16 – угольные адсорберы; 17 – регенерация угля; 18 – чистая вода [38].

Метод отдувки является относительно недорогим, но в процессе эксплуатации подобных установок появляется необходимость борьбы с отложениями углекислого кальция и обледенением на поверхностях загрузки. Также в процессе образуются осадки, неприменимые для нужд сельского хозяйства, т.е., происходит потеря биогенных элементов.

*Сорбция биогенных элементов.* Процессы адсорбционной очистки в отечественной практике впервые были использованы в 50-х годах прошлого века [40].

Метод распространен при обработке промышленных и бытовых сточных вод. Для очистки применяют как природные, так и искусственные сорбенты с высоким сродством к биогенным элементам.

Сорбенты искусственного происхождения бывают органическими (на основе синтетических материалов) и неорганическими.

В изобретении [41] показан метод изготовления неорганического адсорбента для селективного удаления фосфатов, полученного путем обработки солей железа.

Способ очистки, предложенный [42] также основан на использовании неорганического материала – кальцийсодержащего композиционного сорбента на основе целлюлозных волокон. Данный сорбент обладает сродством не только к фосфатам, но и ко фтору.

В исследованиях [43] проводилось изучение селективного извлечения фосфатов из растворов, моделирующих плазму крови, при помощи сорбентов, которые представляли собой полимерные носители, содержащие ионы трехвалентного железа. Показано, что эффект очистки при использовании рассматриваемых сорбентов составляет от 50% (для катионита MN-500) до 70% (для PRI-15S). Отмечена необходимость подбора такого способа объединения полимера с железом, который позволил бы достаточно прочно удерживать металл на поверхности полимера. Авторы делают вывод, что на способность сорбента удалять фосфаты

влияет pH среды – эффект очистки снижается при изменении pH от кислого к нейтральному и щелочному. [43].

В таблице 8 показана величина поглощения фосфатов а(P) сорбентами, которые описаны в исследованиях [41], [42], [43].

Величина сорбции для [43] указана в мМоль(P)/г (сорбента), для [41] и [42] – в мг(P)/мг (активного компонента).

Таблица 8.

Величина сорбции фосфатов

Сорбент		a (P)	pH
Композиция для адсорбции фосфата [41]	из сульфата железа (444 г, 11,3 мас.% Fe)	0,2	3
	из сульфата железа (439 г, 11,5 мас.% Fe)	0,16	5,5
	из нитрата железа (535 г, 9,7 мас.% Fe)	0,19	3
	из сульфата железа (234 г, 11,4 мас.% Fe)	0,15	5,5
	из сульфата железа (233 г, 11,3 мас.% Fe)	0,21	3
	из сульфата железа (233 г, 11,3 мас.% Fe)	0,17	5,5
Композиционный кальцийсодержащий сорбент на основе целлюлозных волокон [42]		0,35	-
MN-500 [43]	Отмывка водой	0,29	5-6
	Отмывка NaCl	0,14	6,65
	Отмывка NaHCO <sub>3</sub>	0,23	4,76
КУ-23 [43]	Отмывка водой	0,36	3
	Отмывка NaCl	0,08	7,16
	Отмывка NaHCO <sub>3</sub>	0,16	5,26
S-957 [43]	Отмывка водой	0,26	6
	Отмывка NaCl	0,25	6,27
S-955 [43]	Отмывка водой	0,26	5
	Отмывка NaCl	0,21	6,30
C-100 [43]	Отмывка NaCl	0,10	6,17
	Отмывка NaHCO <sub>3</sub>	0	2,54
PRI-15S [43]		0,034	6,9... 7,1

В целом можно заметить, что кальцийсодержащий сорбент [42] показывает большую эффективность, чем сорбенты на основе солей железа [41]. Зависимость от pH прослеживается не только для сорбентов на полимерной основе, но и для неорганических. С уменьшением pH сорбционная емкость композиции возрастает. Сорбирующая способность сорбентов на полимерной основе зависит от того, каким методом выполнялась промывка после регенерации в 10% растворе хлорида железа [43].

Кроме искусственных используют природные сорбенты. Они имеют относительно невысокую стоимость и дают глубокую степень очистки. Например, цеолиты способны к селективной сорбции ионов аммония [44].

Цеолиты, обладающие высокопористой структурой, имеют ценные сорбирующие свойства. Полости данных минералов содержат катионы щелочных и щелочноземельных элементов, а

также молекулы воды. Особо выделяют такую разновидность цеолита, как клиноптилолит [44].

Сорбирующие способности природных цеолитов изучались многими учеными. Разработаны сорбенты для удаления фтора, нефтепродуктов, металлов, радиоактивных частиц, в том числе рассматривалось и удаление биогенных элементов этой группой сорбентов.

Так, в работе [45] проверены сорбирующие способности цеолитов в случае их применения в качестве загрузки фильтров. Размер фракций частиц составлял 2-3мм. Цеолит был предварительно насыщен ионами кальция. Эффект очистки по фосфатам составил 22...78% в зависимости от принятой скорости фильтрации (0,7... 25 мл/час).

В исследованиях, касающихся систем физико-химической очистки периодических сбросов стоков [46] (используется на реальном объекте – для очистки сточных вод ОАО «ЕвроХим-БМУ» в г.Белореченск), в том числе произведено определение эффективности очистки сточных вод цеолитами, в качестве второй ступени фильтрации после основной очистки. Результат показан в таблице 9.

$C_{en}$  – концентрация загрязнителя (фосфатов по фосфору или аммонийного азота) в воде, поступающей для доочистки на цеолитовые фильтры, мг/л;  $C_{ex}$  – концентрация на выходе, мг/л.

Таблица 9.

Параметры очистки сточных вод на цеолитовых фильтрах [46]

Параметр	Концентрация, мг/л	
	$C_{en}$	$C_{ex}$
Фосфаты (по фосфору)	0,662	<0,05
Азот аммония	1,718	0,8

Перспективное направление в изучении сорбентов – природные сорбенты органического происхождения, например торф, обработанные отходы древесины и пр. Применение их позволяет бороться с таким недостатком сорбционной очистки, как потеря биогенных элементов.

В частности, есть исследование [47], касающееся получения удобрения для сельскохозяйств из осадков сточных вод левобережных КОС г.Днепродзержинска. В качестве адсорбента в теплый период года (с апреля по сентябрь) использован торф с концентрацией 25 г/л, в холодный период – сульфат двухвалентного железа (доза 60 мг/л).

Технологическая схема сооружений показана на рис.8.

Возможность использования отработанного природного сорбента в качестве осадка выявлена экспериментом [47] по выращиванию пшеницы на осадках, полученных при использовании данной технологии – т.е., насыщенном фосфатами торфе, фосфате кальция и фосфате железа. Динамика роста образцов показана на рис.9 (составлен по материалам [47]).

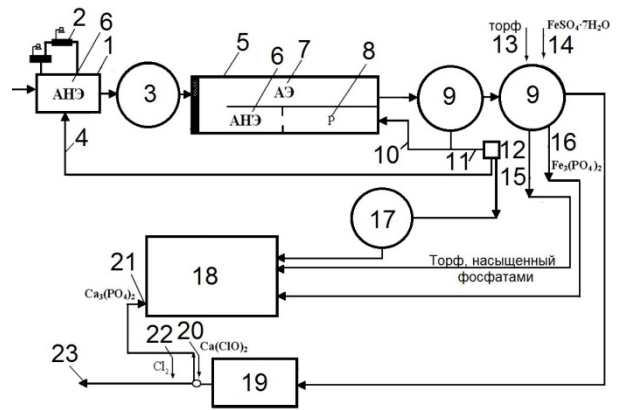


Рис.8 [47]. Техсхема с адсорбцией на торфе. 1 – приемная камера; 2 – вакуумный дегазатор; 3 – первичный отстойник; 4 – ил; 5 – аэротенк; 6 – аэробная зона (АЭ); 7 – анаэробные зоны (АНЭ); 8 – регенератор (Р); 9 – отстойники ила; 10 – ил на регенерацию; 11 – избыточный ил; 12 – иловая камера; 13 – торфяная загрузка; 14 – добавка  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ; 15 – выгрузка торфа, насыщенного фосфатами; 16 – осадок  $Fe_3(PO_4)_2$ ; 17 – илоуплотнитель; 18 – иловые площадки; 19 – биопруд; 20 – добавка гипохлориту кальция; 21 – осадок  $Ca_3(PO_4)_2$ ; 22 – обеззараживание хлором; 23 – чистая вода.

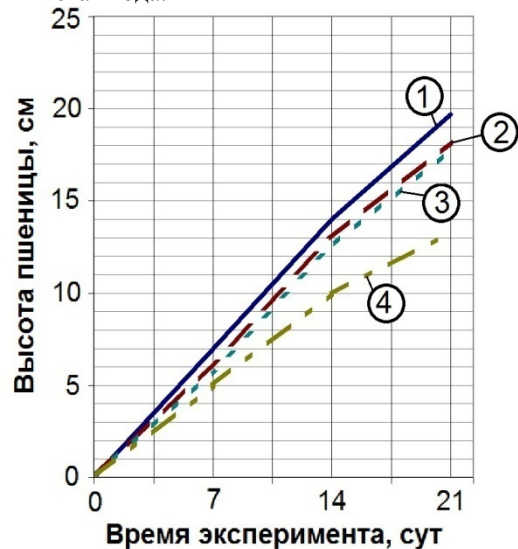


Рис.9. Влияние осадков на высоту роста пшеницы.

На рисунке 9 1 – динамика роста пшеницы на почве, удобренной насыщенным фосфатами торфом; 2 – то же, на почве, удобренной фосфатом кальция; 3 – то же, на почве, удобренной фосфатом железа; 4 – контрольный образец без удобрений.

Из анализа представленной диаграммы следует, что пшеница, удобренная обогащенным торфом, имеет интенсивность роста на 50% выше контрольного образца, и на 10% выше образцов, удобренных при помощи фосфатов железа и кальция.

**Выделение струвита.** Данные многих исследований показывают, что аммонийный азот и фосфаты из состава сточных вод могут быть извлечены при осаждении минерала струвита, т.е. гексогидрата магний-аммоний-фосфата. Струвит имеет вид ломких светлых кристаллов. Химическая формула вещества -  $(\text{NH}_4)\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  [48].

Выделить струвит из азот- и фосфорсодержащего сырья можно химически – осаждая путем добавления соединений магния, или физически – используя электролитические методы [49].

Химическое осаждение относится к реагентным методам очистки, но в отличие от осаждения при помощи солей железа и алюминия позволяет использовать осадок для нужд сельского хозяйства.

То, насколько эффективным будет процесс, зависит от растворимости вещества, которая, в свою очередь, находится под влиянием pH [50]. Растворимость магний-аммоний-фосфата уменьшается при увеличении значения pH, и достигает минимума растворимости при значении водородного показателя 9,47. При малых концентрациях биогенных элементов в сточной воде требуются более высокие значения pH, до 10-11. Эффективность процесса по аммонии составляет 95%, но под воздействием примесей (таких, как калий) может снижаться до 89%. [51]. Для осуществления седиментации струвита обычно служат оксид или гидроксид магния.

Кристаллы могут образовываться как самопроизвольно, так и вокруг центров нуклеации (твердые включения в растворе). Отрицательное влияние на процесс выпадения струвитного осадка имеет образование гидрофосфата аммония.

Фазы осаждения струвита схематически показаны на рис.10 (по данным [51]).

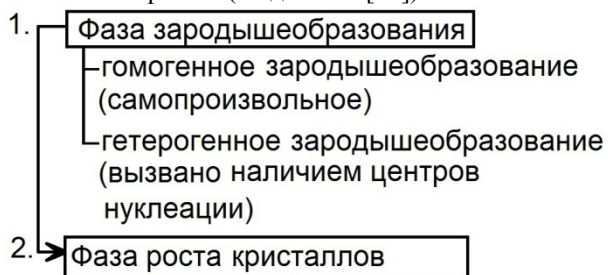


Рис.10 Фазы седиментации струвита [51].

На первой фазе происходит объединение ионов в кристаллы, вторая длится до момента достижения равновесия в растворе [51].

Физический способ выделения струвита основан на электролизе сточной жидкости. При этом в качестве растворимого анода выступает магниевый элемент [52]. Ионы магния с анода переходят в раствор.

Процесс очистки происходит в электролитической ванне. Схема изображена на рис.11 [49].

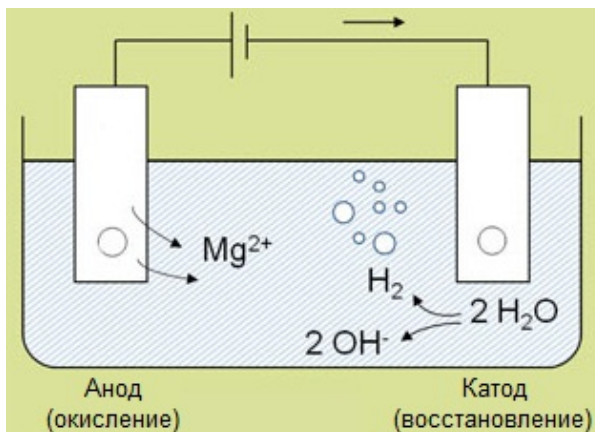


Рис.11. Процесс электроосаждения струвита [49]

Плюсом физического метода осаждения магний-аммоний-фосфата по сравнению с химическим является отсутствие дополнительного расхода реагентов.

Эффект очистки установки по фосфору составляет 99,7%, остаточная концентрация <2 мг/л. Полученное вещество может быть использовано в качестве удобрения без дополнительной обработки [49].

**Мембранные методы**

При рекуперации стоков чаще всего прибегают к использованию мембранных систем. В настоящий момент такие технологии применяют в США, Израиле, Японии и других странах [4].

Изучение процессов массопередачи через полупроницаемые мембраны при очистке воды берет начало в XIX веке [53]. Изучены четыре вида мембранных процессов – микро-, ультра-, нано- и гиперфльтрация.

Оценивать мембранные процессы с точки зрения степени удаления биогенных элементов проще всего при сравнении размеров пор мембран и размеров самих ионов. Диаметр фосфат-иона составляет 0,422 нм [55], а иона аммония 0,286 нм[56]. Диаметр атома воды по справочным данным составляет 0,29 нм [57].

В таблице 10 приводится сравнение размера пор различных фильтрационных элементов.

Таблица 10. Сравнение размера пор

Наименование мембранного метода	Размер пор [54], нм
Микрофльтрация	100 ... 1000
Ультрафльтрация	10 ... 100
Нанофльтрация	1,0 ... 10
Гиперфльтрация (обратный осмос)	0,1 ... 1,0

Из рассмотренных мембранных методов для удаления биогенных элементов может быть использована гиперфльтрация. При этом селективность мембраны будет зависеть от количественного соотношения на ее поверхности пор

разного размера. Схема сравнения размеров пор и частиц биогенных элементов показана на рис.12.

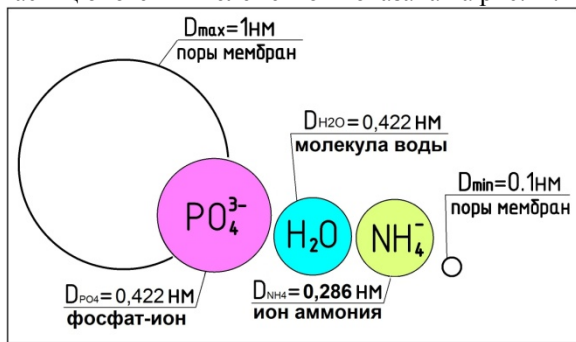


Рис.12. Схема соотношения размеров

Эффективность очистки сточных вод от фосфатов и аммонийного азота с помощью систем обратного осмоса представлена, в частности, в изобретениях [58] и [59]. Установки предназначены для очистки специфического промстока. В процессе обработки, в том числе, происходит снижение концентрации биогенных элементов.

В первом случае [58] схема включала предварительную обработку, подкисление и двухступенчатую обратноосмотическую очистку.

Вторая схема отличается отсутствием стадии подкисления перед гиперфильтрационными мембранами. Параметры установок и концентрации загрязняющих веществ сведены в табл. 11.

Не смотря на высокую эффективность процесса гиперфильтрации, применение этого метода связано с рядом неудобств. Установки обратного осмоса имеют высокую себестоимость, тре-

буют большого расхода электроэнергии и наличия специально подготовленного персонала. К удорожанию процесса приводит и тот факт, что мембраны осмотических систем склонны к биообрастаниям, для борьбы с которыми нужно применение биоцидов – реагентов-ингибиторов.

Также к минусам обратного осмоса относится необходимость тщательной предочистки перед мембранами.

Диаграмма, приведенная на рис.13, показывает сравнительное процентное соотношение  $C/C_{B1}$  ( где  $C$  – концентрация загрязнителя,  $C_{B1}$  – концентрация аналогичного загрязнителя в питьевой воде согласно СанПин [60]). При составлении диаграммы концентрация  $C_{B1}$  принята за 100%.

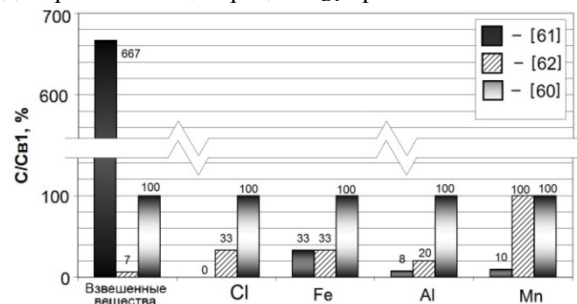


Рис.13. Сравнение качества воды в водоемах рыбохозяйственного (РХ) назначения [61], водопроводной воды согласно СанПин [60] и воды, подаваемой на обратноосмотическую установку [62].

Таблица 11.

Состав сточных вод в процессах мембранной очистки

Параметр	Патент [58]		Патент [59]	
	Состав установки	предобработка, подкисление, обратный осмос две ступени		предобработка, обратный осмос две ступени
рН перед мембраной	3,5		7-7,5	
Рабочее давление, МПа	1,7...2,1		1,9 (1 ст.), 5,4 (2 ст.)	
Концентрация, мг/л, в том числе:	Фосфаты	Аммонийный азот	Фосфаты	Аммонийный азот
Начальная, мг/л	1,6	600	620	2,6
После предочистки, мг/л	*	*	71	2,5
Эффект предочистки, %	*	*	88,55	3,85
После I ступени ОО, мг/л	1,1	5,2	*	*
Эффект на I ступени, %	68,75	99,13	*	*
После II ступени ОО, мг/л	0,004	0,27	0,2	0
Эффект на II ступени, %	99,64	94,81	*	*
Эффект в целом по установке, %	99,75	99,96	99,97	100

\* – источник не приводит данные по концентрации

Диаграмма (рис.13) показывает, что требования к качеству воды перед обратноосмотическими мембранами по содержанию магния соответствуют требованиям к качеству питьевой воды, а по ряду показателей (взвешенные вещества, свободный хлор, железо, алюминий) требуемая концентрация перед гиперфильтрацией является более жесткой. При сравнении с нормами сброса в рыбохозяйственный водоем выявлено, что в целом требования к воде, входящей в установку обратного осмоса мягче требований к сбросу в водоем, за исключением взвешенных веществ.

Установки физико-химической очистки позволяют добиться высокой степени удаления аммонийного азота и фосфора, но размеры их на порядок меньше, чем биологических систем.

#### Недостатки физико-химических систем

1. Методы требуют энергозатрат. К наибольшим затратам приводят мембранные и электролитические технологии.

2. Реагентное осаждение и сорбция на искусственных материалах требуют значительных расходов реагентов. Мембранные методы, не смотря на безреагентную природу процесса, нуждаются в применении биоцидов.

3. Многие физико-химические методы приводят к потере биогенных элементов.

#### Комбинированные методы

При использовании комбинированных методов происходит воздействие на сточную воду несколькими способами одновременно. Применяется комбинирование биологической очистки с реагентным осаждением либо с нагревом избыточного ила. В качестве коагулянтов при биохимической очистке используются соли железа, кальция, алюминия. Реагенты добавляются как в аэротенки, так и во вторичные отстойники. Нагрев активного ила при 105-110°C позволяет отделить твердую фазу, содержащую фосфаты. Данные методы дают эффект по фосфору 90% [63].

#### Анализ результатов обзора

В процессе анализа литературных источников рассмотрены методы извлечения биогенных элементов из сточных вод.

Самыми высокими эффектами очистки обладают системы гиперфильтрационной очистки. Этот метод способен удалить до 99,75 [58]-99,97 [59]% содержащихся в воде фосфатов и 99,96 [58]-100 [59]% аммонийного азота. Но применение обратного осмоса на сточных водах нецелесообразно из-за с высокой стоимости оборудования и значительных расходов на эксплуатацию.

Эффект, близкий к гиперфильтрационному, можно получить на биоплато – в течение вегетационного периода сооружения этого типа снимают до 99,95 % аммонийного азота и 99,78 % фосфора [14]. Недостатки процесса – большие площади занимаемой территории и падение эффективности зимой – до 56 % по аммонийному

азоту [17]. Биологические системы по типу аэротенков более компактны по сравнению с ФОС, но эффект очистки при этом ниже. Системы удаляют до 98 [20] ... 99% [19] аммонийного азота. В удалении фосфора возможны эффекты 34,8 [20] ... 86% [19].

Реагентные методы показывают эффективность 52,8...99% в зависимости от вида коагулянта, его дозы и состава исходной воды.

Эффективность сорбционных установок зависит от дозы и вида сорбента. Искусственные сорбенты могут поглотить 0,21 мг(Р)/мг [41] ... 0,35 мг(Р)/мг [42]. Полимерные сорбенты при отмывке после регенерации водой более эффективны (0,26...0,36 мМоль(Р)/г(сорбента)), чем при проведении этой процедуры с использованием растворов хлорида или гидрокарбоната натрия [43]. Натуральные сорбенты позволяют применять извлеченные биогенные элементы в качестве удобрения. Цеолитовые фильтры удаляют 92,4% по азоту аммонийному и 53,4% по фосфору [46]. По данным [45], эффект по фосфору зависит от скорости фильтрации – при скоростях, близких к 0,7 мл/мин, эффект доходит до 78%, с увеличением скорости до 25 мл/мин падает до 22%.

#### Выводы и рекомендации

1. Перед использованием сточной воды для орошения более рационально извлекать аммонийный азот и фосфор и применять их отдельно, в качестве удобрения, чем использовать биогенные элементы в растворенном виде.

2. Как биологические, так и физико-химические способы очистки позволяют эффективно извлекать биогенные элементы, но многие методы приводят к потере выделенных фосфора и аммонийного азота.

3. Осадки, полученные после сооружений типа аэротенков, а также в ходе физико-химических процессов осаждения и сорбции на природных материалах, могут быть использованы для агрономических нужд.

4. Сооружения физико-химической очистки более компактны и просты в эксплуатации, чем биологические системы.

5. Для нужд сельского хозяйства наиболее перспективны физико-химические методы обработки – осаждение в виде струвита и сорбция на природных материалах, т.к. эти системы позволяют применять извлеченное биогенное сырье, и являются более компактными и простыми в эксплуатации, чем сооружения биологической очистки.

#### Литература

1. Шеин Е.В. Анри Дарси (1803-1858) [Электронный ресурс], – URL [http://evg-shein.narod.ru/po\\_p/Darcy.htm](http://evg-shein.narod.ru/po_p/Darcy.htm), своб. (Дата обр. 04.04.2015).
2. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами N 1166-74 (извлечение) [Текст]; утв. Минводхозом СССР, Гл. Гос.

- Сан. врачом СССР, Минрыбхозом СССР 16.05.1974. (не действует).
3. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения [Текст] утв. Мин. Здравоохран. СССР 04.07.1988; введ. в действие с 01.01.1989. (не действует).
  4. ISABEL C. ESCOBAR. Sustainable Water for the Future: Water Recycling versus Desalination [Текст] / I.C. ESCOBAR, A.I. SCHÄFER. – Amsterdam.: Elsevier, 2010. – ISBN: 978-0-444-53115-5
  5. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод [Текст] / А.З. Евилевич. – М.: Стройиздат, 1979.
  6. Рыбина Н.И. Опыт сельскохозяйственного использования сточных вод некоторых отраслей пищевой промышленности в СССР. [Текст] / Н.И. Рыбина; под ред. А.Е. Каргуп. – М.: ВНИИ ТЭИ агропром, 1990.
  7. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст] утв. Минрегион России 29.12.2011; введ. в действие 01.01.2013.
  8. Анализ данных работы очистных сооружений российских городов – основа для технологического нормирования / Д.А. Данилович, и др. // НДТ. – 2015. – №3-4. – С.18-28.
  9. Способ получения фосфорсодержащего удобрения из илового осадка городских водоочистных сооружений и удобрение, полученное таким способом [Электронный ресурс]: Пат. №2532198. Рос. Федер.: рег.номер заявки 2013113685/05 / Зюбин Л.В., Бутусов М.М.; Заявл.27.03.2015. Оpubл. 27.10.2014. Бюл. №30. –URL <http://www.freepatent.ru/patents/2532198>, своб. (дата обр. 02.09.2015).
  10. Способ создания органоминерального удобрения [Электронный ресурс]: Пат. №2423337 Рос. Федер.: рег.номер заявки 2010101341/21 / Белюченко И.С., и др.; Заявл. 18.01.2010. Оpubл. 10.07.2011. Бюл. №19. – URL <http://www.freepatent.ru/patents/2423337>, своб. (дата обр. 02.09.2015).
  11. Загорский, В.А. История и современность отраслевой науки: пример Москвы [Текст] / В.А. Загорский, и др. // ВСТ. – 1998. – №9. – С.5-9.
  12. Рандольф Р. Что делать со сточными водами. [Текст] / Р. Рандольф; под ред. Т.А. Карюхиной; пер. с нем. И.Б.Палеев – М.: Стройиздат, 1987. – 120 с.
  13. Ретехнологизация аэротенков для достижения глубокого удаления биогенных элементов. Опыт очистных сооружений г.Набережные Челны / А.А. Родионов и др. // НДТ. – 2015. – №2. – С.26-33.
  14. Фито-системы для очистки сточных вод: современное решение экологических проблем / Н.М. Щеголькова и др. // НДТ. – 2015. – №2. – С.50-59.
  15. Способ очистки сточных вод [Электронный ресурс]: Пат. № 2081852. Рос. Федер.: рег.номер заявки 94042081/25 / Матвеев В.И., и др.; Заявл. 24.11.1994. Оpubл. 20.06.1997. – URL <http://www.freepatent.ru/patents/2081852>, своб. (дата обр. 03.09.2015).
  16. Способ очистки сточных вод от аммонийных солей, нитратов и нитритов [Электронный ресурс]: Пат. № 2322399. Рос. Федер.: рег.номер заявки 2006123595/13 / Вайсман Я.И. и др.; Заявл. 03.07.2006. Оpubл. 20.04.2008. Бюл. № 11. URL <http://www.freepatent.ru/patents/2322399>, своб. (дата обр. 02.09.15).
  17. Способ доочистки сточных вод [Электронный ресурс]: Пат. № 2530173. Рос. Федер.: рег.номер заявки 2012134673/10 / Папченков В.Г., Барина И.К.; Заявл. 14.08.2012. Оpubл. 10.10.2014. Бюл. № 28. URL <http://www.freepatent.ru/patents/2530173>, своб. (дата обр. 05.09.15).
  18. Мойжес, С.И. Разработка технологии удаления биогенных элементов из городских сточных вод с дефосфатацией в аноксидных условиях: автореф ... дис. канд. техн. наук: ВолгГАСУ, Волгоград, 2013. – URL <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-tehnologii-udaleniya-biogennykh-elementov-iz-gorodskikh-stochnykh-vod-s-defosfatatsiei-v-anoksidnykh-usloviyakh>, своб. (дата обр. 20.09.2015).
  19. Козлов М.Н. М-Дефанокс – эффективная технология биологического удаления фосфора из сточных вод / М.Н. Козлов и др. // ВСТ. – 2012. – №10. – С.43-49.
  20. М. Масиджевски, Дегазация иловой смеси стимулирует осаждение и биологическое удаление биогенных элементов / М. Масиджевски, и др.; пер. Ж.Н. Барановская, Д.А. Данилович // НДТ. – 2015. – №2. – С.65-72.
  21. Biogradex® Our projects Биоградекс [Официальный сайт]. – URL <http://biogradex.pl/eng/nasz-e-realizacje/1>, своб. (дата обр. 29.09.2015).
  22. Азот // Справочник химика. [Электронный ресурс] URL <http://www.chem100.ru/elem.php?n=7>, своб. (дата обр: 10.10.2015).
  23. GreenEvo: BIOGRADEX [Видеозапись]. – URL <https://www.youtube.com/watch?v=ECswFPRCKOg>, своб. (дата обр. 16.09.15)
  24. Оптимизация биологической дефосфатации. Эффективное удаление фосфатов на очистных сооружениях [Электронный ресурс] / Н.Ю. Большаков //Стройпрофи. – 2013. – № 7(16). – С.48-50. – URL <http://stroyprofi.info/files/pdf/16/stroyprofi-16-48.pdf>, своб. (дата обр. 30.09.2015).
  25. Большаков, Н.Ю. Оптимизация технологического процесса в системе аэротенк-отстойник

- для минимизации сброса органических веществ биогенных : автореф. ... дис. канд. техн. наук: СПбГТИ, Санкт-Петербург, 2005. - URL <http://www.w.dissercat.com/content/optimizatsiya-tekhnologicheskogo-protssesa-v-sisteme-aerotenk-otstoin-ik-dlya-minimizatsii-sb>, своб. (дата обр. 29.09.2015).
26. Луценко Г.Н. Физико-химическая очистка сточных вод [Текст] / Г.Н. Луценко, и др. - М.: Стройиздат, 1984.
  27. Реагентный способ удаления соединений фосфора из сточных вод [Текст]/ Л.В. Гандурина, и др. // ВСТ. – 2001. – №6. – С.18-20.
  28. Эффективность применения алюможелезного коагулянта для очистки сточных вод [Текст] / В.А. Потанина, и др. // ВСТ. – 2005. – №3. – С.36-38.
  29. ГН 2.1.7.2041-06. ПДК химических веществ в почве [Текст], утв. Гл. Гос. Сан. врачом РФ от 16.01.2006, введ. в действие с 01.04.2006 (не действует).
  30. ГН 2.1.7.2511-09. ОДК химических веществ в почве [Текст], утв. Гл. Гос. Сан. врачом РФ от 18.05.2009, введ. в действие с 01.07.2009.
  31. Шугалей И.В. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы [Электронный ресурс] / Шугалей И.В., и др. // Экологическая химия. – 2012. – №21(3). – С.172-186 - URL [http://www.chemjournals.net/eco/a/ecol\\_172.pdf](http://www.chemjournals.net/eco/a/ecol_172.pdf), своб. (дата обр. 18.10.2015).
  32. Григоровская П.И. Железо [Электронный ресурс] / П.И. Григоровская; Пестициды.ru. [2013—2013]. – URL: [http://www.pesticide.ru/active\\_nutrient/iron](http://www.pesticide.ru/active_nutrient/iron), своб. (дата обр. 09.10.15).
  33. Борина Т.А. Круговорот биогенных и токсичных элементов и морфологическое состояние картофеля при загрязнении почвы тяжелыми металлами: автореф. ... дис. канд. биол. наук. – М. 2008. – URL: <http://www.dissercat.com/content/krugovorot-biogenykh-i-toksichnykh-elementov-i-morfologicheskoe-sostoyanie-kartofelya->, своб. (дата обр. 29.09.2015).
  34. Коагулянт Гранкол [Электронный ресурс] // ООО «Промхимсервис» [официальный сайт] URL <http://promchimservice.ru/index.php?p=79>, своб. (Дата обр. 29.10.2015).
  35. Аква-Аурат-30 [Электронный ресурс] // Компания Химаква [официальный сайт] URL <http://htaqua.ru/catalog/215.html>, своб. (Дата обр. 29.10.2015).
  36. Коагулянт Хлорид железа PIX-111 [Электронный ресурс] // ООО «Аква-Кемикал» [официальный сайт] URL <http://aquachem.ru/kemira-pix-111.htm>, свободный. (Дата обращения 29.10.2015).
  37. Кранерт М. Компост из осадка сточных вод – продукт со знаком качества [Текст] / М. Кранерт., и др. // НДТ. – 2015. – №2. – С.41-48.
  38. Гогина Е.С. Удаление биогенных элементов из сточных вод: Монография [Текст] / Е.С. Гогина; ГОУ ВПО МГСУ. – М.: МГСУ, 2010. – 120 с.
  39. Способ деаммонизации конденсата пара выпарной установки [Электронный ресурс]: пат. №2168546 Рос. Федерация / Славянский А.А., и др.; Заявл. 10.01.2000, Оpubл. 10.06.2001. Бюл. №11 – URL <http://bankpatentov.ru/node/132680>, своб. (дата обр. 01.10.2015).
  40. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод [Текст] / Когановский А.М. – Киев: Наукова думка, 1983 г. 240с.
  41. Адсорбент фосфата на основе сульфата железа [Электронный ресурс]: пат. № 2344083. Рос. Федерация: рег. номер заявки 2007103154/15 / Мюллер Г.-М., и др.; Заявл. 21.06.2005, Оpubл. 20.01.2009 Бюл. №2. – URL <http://www.freepatent.ru/patents/2344083>, своб. (дата обр. 01.10.2015).
  42. Способ очистки природных или сточных вод от фтора и/или фосфатов [Электронный ресурс]: пат. № 2528999. Рос. Федерация: рег. номер заявки 2013108723/05 / Л.А. Мазитов, и др.; Заявл. 28.02.2013. Оpubл. 20.09.2014. Бюл. №26. – URL <http://www.freepatent.ru/patents/2528999>, своб. (дата обр. 01.10.15).
  43. Лубенцова К.И. Полимерные сорбенты, содержащие ионы или оксигидроксиды железа (III) [Электронный ресурс] / К.И. Лубенцова и др. // Сорбционные и хроматографические процессы – 2014 – Т.14, вып.4. – с.591-600. – URL [http://www.chem.vsu.ru/sorbcr/images/pdf/2014/4/2014\\_04\\_06.pdf](http://www.chem.vsu.ru/sorbcr/images/pdf/2014/4/2014_04_06.pdf), своб. (дата обр. 07.10.2015).
  44. Аширов А. Ионнообменная очистка сточных вод, растворов и газов [Текст] / А. Аширов. – Л.: Химия, 1983г. – 295с
  45. Назаренко О.Б. Применение цеолита для удаления фосфатов из сточных вод / О.Б. Назаренко, Р.Ф. Зарубина // Известия ТПУ – 2013. - №3, том 322. – с.11-14. – URL <http://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-badinskog-o-tseolita-dlya-udaleniya-fosfatov-iz-stochnyh-vod>, своб. (дата обр. 10.10.2015).
  46. Сизов А.А.Ю. Методика выбора технологии периодических сбросов сточных вод [Электронный ресурс] / А.А.Ю. Сизов, Н.С. Серпокровлов, Я.Ю. Каменев // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2012. – №4(8) – стр. 71-74. – URL [http://journal.samgasu.ru/vestnik\\_sgasu/2012\\_04\\_13.pdf](http://journal.samgasu.ru/vestnik_sgasu/2012_04_13.pdf), своб. (дата обр. 9.10.15).

47. Иванченко, А.В. Возможности получения биофосфатного удобрения из осадков городских сточных вод после реагентно-адсорбционной доочистки от фосфатов [Электронный ресурс] / Иванченко А.В., Волошин Н.Д. // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ" : Хімія, хімічна технологія та екологія. – 2010. – №10 – с.141-147 – URL <http://archive.kharkiv.org/View/18035/>, своб. (дата обр. 09.10.2015).
48. Струвит. [Электронный ресурс] // Всё о геологии. – URL <http://wiki.web.ru/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B8%D1%82>, своб. (дата обр. 09.10.15).
49. Elektrochemisches Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor [Электронный ресурс] / Dr. Jennifer Bilbao, Dipl.-Ing. Siegfried Egner; Fraunhofer IGB [Официальный сайт] – URL <http://www.igb.fraunhofer.de/de/kompetenz/physikalische-prozess-technik/naehrstoffmanagement/rueckgewinnung-von-phosphor.html>, своб. (дата обр. 09.10.15).
50. Mark A. Shand. The Chemistry and Technology of Magnesia [Электронный ресурс] / Mark A. Shand; перевод [ООО Техстронг]. – Hardcover, 2006, 266 pages – ISBN: 978-0-471-65603-6 – URL <http://tehstrong.ru/d/129505/d/skachat-magneziya-v-perevode-ch.2.pdf>, своб. (дата обр. 08.1.15).
51. Лобанов С.А. Технология выделения и утилизации аммонийного азота из сточных вод химических предприятий : автореф.... дис кандидата технических наук. Пермь, 2007. – URL <http://www.dslib.net/tehnologia-neorganiki/tehnologija-vydeleni-ja-i-utilizacii-ammonijnogo-azota-iz-stochnyh-vod-himicheskikh.html>, своб. (дата обр. 21.09.15).
52. Reaktor zur Rückgewinnung von Phosphatsalzen aus einer Flüssigkeit [Электронный ресурс]: DE 102010050692 B3, рег.номер заявки DE 201010050 692 / J. Bilbao, Dr. B. Dieter, A. Campos, S. Egner; заявитель Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. Заявл. 06.11.2010. Оpubл. 22.03.2012 – URL <http://www.google.co.uk/patents/DE102010050692B3?cl=fr>, своб. (дата обр. 09.10.15).
53. Обратный осмос. Теория и практика применения [Электронный ресурс] / С.В. Черкасов; Мировые водные технологии [Официальный сайт] – URL <http://wwtec.ru/index.php?id=233>, своб. (дата обр. 02.09.2015).
54. Учебные пособия. Электромембранные процессы. Баромембранные процессы [Электронный ресурс] / Кафедра мембранной технологии РХТУ им.Д.И. Менделеева [Официальный сайт] – URL [http://www.membrane.msk.ru/books/?id\\_b=14&id\\_bp=414](http://www.membrane.msk.ru/books/?id_b=14&id_bp=414), своб. (дата обр. 02.09.15).
55. Груба О.Н., Германюк Н.В., Рябухин А.Г. Структурные характеристики неорганических фосфат-ионов [Электронный ресурс] / О.Н. Груба, и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2014. – Том 6 №1. – С.45-48. – URL <http://vestnik.susu.ru/chemistry/article/view/3263/3035>, своб. (дата обр. 05.10.2015).
56. Аммоний // Википедия. [2015—2015]. Дата обновления: 09.10.2015. URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=71492908>, своб. (дата обр.: 17.06.15).
57. Шевченко А.А. Химическое сопротивление неметаллических материалов и защита от коррозии. Учебное пособие [Текст] / А.А. Шевченко. – М.: Колос, Химия, 2006. – 248 с
58. Система и способ обработки кислотных сточных вод [Текст]: пат. № 2342330 Рос. Федерация: рег.номер заявки 2006105497/04 / Нагтхаппан и др.; Заявл. 26.07.2004. Оpubл. 27.12.2008. Бюл. № 36. – URL <http://www.freepatent.ru/patents/2342330>, своб. (дата обр. 05.09.2015).
59. Способ очистки оборотных вод металлургического производства [Текст]: пат. № 2426699. Рос. Федерация: рег.номер заявки 2009147974/05 / Павлов Р.Д., и др.; Заявл. 23.12.2009. Оpubл. 20.08.11. Бюл. 23. <http://www.freepatent.ru/images/patents/34/2426699/patent-2426699.pdf>, своб. (дата обр. 08.10.15).
60. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. [Текст]. утв. Гл. Гос. Сан. врачом РФ 26.09.2007; ввод в действие с 01.01.2002.
61. Приказ Росрыболовства [Текст] Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения от 18 января 2010 г. № 20 // Зарег. в Минюсте РФ от 09.02.2010. – рег.номер 16326 (текст официально не опубликован).
62. Обратный осмос и нанофильтрация. Требования к качеству обрабатываемой воды [Электронный ресурс] / Медиана фильтр [Официальный сайт] – URL [http://www.mediana-filter.ru/kh5\\_7.html](http://www.mediana-filter.ru/kh5_7.html), своб. (дата обр. 02.09.15).
63. Зейфман Е.А. Интенсификация процессов очистки сточных вод от биогенных элементов [Электронный ресурс] / Е.А. Зейфман, и др. – URL: <http://duplo-sova.narod.ru/777/P/233.pdf>, своб. (дата обр. 05.11.2015)

## REVIEW OF WASTEWATER TREATMENT METHODS FOR AGRICULTURAL IRRIGATION NEEDS

**Summary.** The necessity of storage is often faced when wastewater is recovered. Nutrients contained in such water lead to a deterioration in quality due to eutrophication processes. This article deals with the basic methods of wastewater treatment, which can be used to nutrients removal, particularly – biological systems with nitrification, denitrification, deammonization and sludge degassing, phyto treatment plants, physical and chemical methods presented reagent, sorption and membrane methods, and physical and chemical methods of sedimentation of struvite from wastewater.

**Key words:** nutrients, biological treatment, physical and chemical treatment, ammonia nitrogen, phosphates.

## ТОЧНЫЙ АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ – ОСНОВА ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Руднева Е.А.\*, Калашникова Н.К.\*, Гончаренко И.А.\*\*\*, Клименкова О.И.\*\*\*

\*ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», Россия, 129626, Москва, Графский пер., д. 4/9,

kala1943@rambler.ru,

\*\*ГУП «НИ и ПИ Генплана Москвы», Россия, 125047, Москва 2-я Брестская ул., д. 2/14,

goncharenko\_i@bk.ru,

\*\*\* ООО «ЭнергоМашПроект», Россия, 125319, Москва, ул. Планетная, д. 38,

inectter@mail.ru.

**Аннотация:** В статье рассмотрены возможные причины возникновения неточностей при выполнении акустических расчётов инженерных систем – систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления и холодоснабжения, которыми оснащаются современные объекты, что в большинстве случаев приводит к исключению возможности оптимизации мер по защите от шума инженерных систем.

**Ключевые слова:** Шум, инженерные системы, акустический расчёт, неточности, дБ.

### Введение

Рассматриваются причины возникновения неточностей при выполнении акустических расчетов инженерных систем (ИС) – систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления и холодоснабжения, которыми оснащаются современные административные, общественные и жилые здания. Эти системы участвуют в жизнеобеспечении человека, но при этом являются источниками негативного воздействия на него - создают повышенный шум в местах его пребывания (на рабочих местах, в жилье, в рекреационных зонах, на нормируемых территориях около зданий). Эксплуатация оборудования ИС на объектах, как правило, невозможна без осуществления необходимых строительно-акустических мероприятий, включающих виброизоляцию оборудования и снижение структурного шума, изоляцию воздушного шума ограждениями технических помещений, акустическую обработку этих помещений, экранирование шума оборудования, установку глушителей аэродинамического шума [1,2,3]. Неточности в акустических расчетах исключают возможность оптимизации мер по защите от шума ИС.

### Анализ публикаций

Данное исследование построено на основании научных методов и использования статистических данных.

### Цель и постановки задачи

Целью работы является рассмотрение неточностей в акустических расчетах на основе анализа основных причин их возникновения.

Задачами исследования является:

- дать критическую оценку современному положению при выявлении неточностей в акустических расчетах ИС;

- определить наиболее рациональные методы решения проблемы в данной области;

- обозначить тенденции развития с учетом роста уровня оптимизации шумоглушения ИС с учетом роста меняющихся социальных потребностей.

### Результаты и их анализ

Оптимальные с точки зрения акустики и экономики решения шумоглушения или шумозащиты достигаются в тех случаях, когда достаточно точно установлено зависимое от частоты требуемое снижение шума. Оно определяется в октавных полосах частот и является основой, исходными данными для проектирования эффективных средств снижения шума при минимально возможных материальных затратах. На действующих объектах его определяют преимущественно по результатам натурных акустических измерений, а на проектируемых – путем расчета.

Достоверность получаемых расчетных данных зависит от того, насколько точно выполнен акустический расчет оборудования, другими словами, насколько точно произведена оценка шумового воздействия одного или группы источников в расчетной точке. В недалеком прошлом акустический расчет, например, системы вентиляции, выполнялся «вручную» (с помощью счетной машинки). Его точность могла зависеть, прежде всего, от квалификации специалиста, его выполняющего, но и от того, насколько строго он следовал требованиям основополагающего документа в области борьбы с шумом того времени СНиП [4] и рекомендациям, содержащимся в руководстве к нему [5].

Многие современные проектировщики думают, что в настоящее время при расчетах квалификация не требуется. Достаточно иметь компьютер, купить имеющееся в широком

ассортименте программное обеспечение, ввести исходные данные, и необходимые результаты получены. По нашему мнению, это далеко не так. Даже при корректно введенных исходных данных остается неизвестным, насколько правильно создан алгоритм. Закономерно возникает вопрос, к какой категории относится его создатель, разработчик программы. Это программист, владеющий достаточной суммой знаний в области прогнозирования, мониторинга шумового воздействия и защиты от шума различных источников. Или программист, не имеющий необходимых специальных знаний в области акустики (борьбы с шумом), и поэтому не способный при создании программного обеспечения отразить в полной мере особенности акустического расчета оборудования ИС и оценить его результаты.

Практика показала, что наиболее предприимчивыми оказались специалисты второй из обозначенных категорий. Вследствие их активной деятельности возникли и получили широкое распространение программные обеспечения, точность расчетов с использованием которых, по меньшей мере, неизвестна. Это ничуть не смущает авторов. При сопровождении своей продукции пояснительной запиской они среди прочего подчеркивают, что программа не только разработана на основе СНиП [6,7], но и лицензирована. Характер этой информации, безусловно, рекламный, и имеет своей целью убедить пользователя (покупателя) в высоком качестве приобретаемой им продукции (программы), способной обеспечить необходимую точность и достоверность получаемых расчетных данных, кстати, весьма дорогостоящей продукции. На самом деле, фирмы, распространяющие программы, думается, не имеют каких-либо материалов, подтверждающих факт получения с их помощью расчетных данных, точность которых позволяет решить проблему защиты от шума ИС и избежать необоснованных затрат на осуществление шумоглушения или шумозащиты.

При неправильно заложенных данных в расчётах получаем зачастую заниженные характеристики по шуму и тем самым занижаем эффективность выбранных мероприятий. Шум вентилятора распространяется по воздуховоду и излучается в окружающее пространство через решетку или шахту или непосредственно через корпуса вентилятора или открытый патрубок при установке вентилятора снаружи здания. Распространенные неточности в расчетах на прилегающую территорию происходят зачастую при расчетах вентиляционного оборудования высотных зданий. Неточность расчёта заключается в том, что расчетную точку для расчета ошибочно берут на расстоянии 1,5 м – 4 м от земли – это на уровне 1-2 этажа с показателем направленности ( $\Delta L_n$ ) +3 дБ и это при нахождении источника шума выше 5 этажа. Наихудшая ситуация в таком случае будет на уровне источника шума и показатель направленности в

данном случае принимается +5 дБ. Расхождение в расчетах в конкретном случае составляет 2дБ. Показатель направленности излучения шума при выходе его в атмосферу через выходные отверстия вентилята, каналов по отношению к жилому дому представлен на (Рис.1).

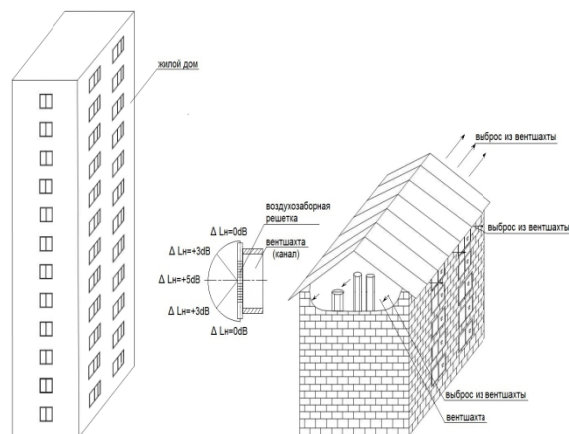


Рис.1. Показатель направленности излучения шума

С той же уверенностью можно сказать, что при расчете уровней шума, распространяющегося по воздуховодам, в программах не учитывается необходимость корректировки паспортных шумовых характеристик вентиляторов на сторонах всасывания и нагнетания, определенных в измерительном помещении при акустических испытаниях [8]. Такая корректировка раньше проводилась при определении шумовых характеристик отечественных вентиляторов расчетным методом [4,5].

Необходимость указанной корректировки обусловлена отражениями звука от открытых патрубков вентилятора, установленного, например, в измерительном помещении, и их отсутствием при присоединении воздуховодов [8]. Другими словами, в присоединяемый к вентилятору воздуховод распространяется не та звуковая энергия, что излучается открытым патрубком ( $W_n$ ) в окружающее пространство (в измерительное помещение), а только часть энергии, создаваемой рабочим колесом вентилятора ( $W_{pk}$ ).

$$W_{pk} = W_n + W_{от} \quad (1)$$

где  $W_{от}$  – звуковая энергия, отражённая от открытого конца патрубка (внутри вентилятора).

Приближённая схема излучения и распространения звуковой энергии (мощности) от вентилятора в окружающее пространство, включая звуковую энергию, излучаемую корпусом вентилятора ( $W_{кв}$ ), в отсутствие воздуховодов представлена на рисунке 1а в работе [8]. Когда к вентилятору присоединяются воздуховоды, картина меняется (там же, рисунок 1б). Звуковая энергия в окружающее пространство излучается через стенки воздуховодов ( $W_{cm}$ ) и через их открытые концы, например, через два на стороне нагнетания ( $W_{n1}$ ,  $W_{n2}$ ).

и один на стороне всасывания ( $W_6$ ). Площади этих открытых концов воздухопроводов в большинстве случаев отличаются от площадей патрубков вентилятора.

Акустическое влияние присоединения воздухопроводов к вентилятору является причиной корректировки рассчитанных или паспортных шумовых характеристик вентиляторов (октавных уровней звуковой мощности) на сторонах всасывания и нагнетания. Существует специальная поправка, учитывающая данный факт и зависящая от поперечного сечения патрубков вентиляторов. В руководстве [5] она обозначена как  $\Delta L_2$ , а ее значения для всего ряда сечений патрубков (соответственно воздухопроводов) содержатся в таблице 5 указанного руководства.

Некоторые из них для оперативного анализа представлены в более наглядной графической форме (Рис.2).

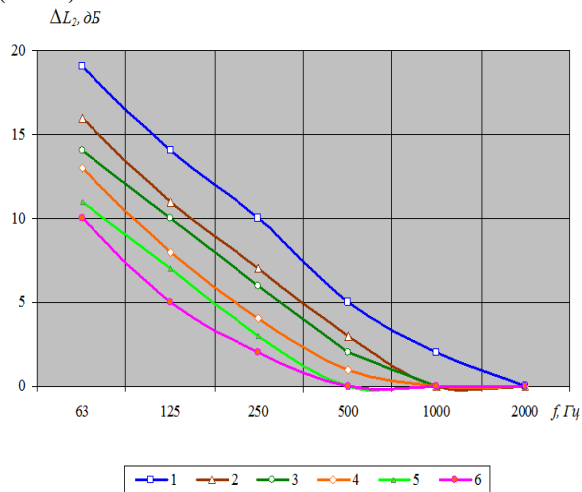


Рис.2. Поправка на отражение звуковой энергии от конца воздуховода  
1 – 100 мм; 2 – 160 мм; 3 – 200 мм; 4 – 250 мм; 5 – 315 мм; 6 – 400 мм

Поправку  $\Delta L_2$  прибавляют к уровням звуковой мощности (УЗМ) вентиляторов, определенным путем расчета или измерения в измерительном помещении в каждой октавной полосе частот. Как видно, октавные значения поправки  $\Delta L_2$ , например, при поперечном сечении патрубка вентилятора 100 мм изменяются от 2 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц до 19 дБ в диапазоне низких частот. Это весьма существенное увеличение УЗМ, причем в неблагоприятном с точки зрения борьбы с шумом диапазоне частот (эффективность всех средств снижения шума в данном диапазоне частот низкая).

В результате пренебрежительного отношения к указанной поправке, получаемые расчетные данные в диапазоне низких частот будут занижены. Соответственно подобранные и установленные глушители будут меньшей длины и не обеспечат требуемое снижение аэродинамического шума. В большинстве случаев это обнаруживается только перед сдачей объекта.

На этой стадии установка нескольких дополнительных глушителей даже небольшой длины связана с трудностями, обусловленными отсутствием свободных мест, дополнительных средств, возможности каких-либо разрушений.

На практике исключение поправки  $\Delta L_2$  приводит к необходимости в дополнительных глушителях весьма значительной длины. Предположим, требуемое снижение шума вентиляционной системы в зоне воздействия в октавной полосе со среднегеометрической частотой 63 Гц за счет неучтенной поправки составляет 7-9 дБ. Тогда для обеспечения нормативных акустических условий потребуется установить трубчатый глушитель круглого сечения длиной около 1 м, а прямоугольного - не менее 1,5 м, так как эффективность этих, впрочем, и других глушителей в данной октаве весьма низкая [9].

Подобный негативный результат возникает из-за технической ошибки (в том же низкочастотном диапазоне), которая в меньшей степени связана со способом получения расчетных данных. Речь идет об ошибке, которая возникает, когда фирмы изготовители оборудования ИС представляют вместо основной шумовой характеристики (уровней звуковой мощности в октавных полосах частот), скорректированные по шкале «А» октавные уровни звуковой мощности (Рис.3).

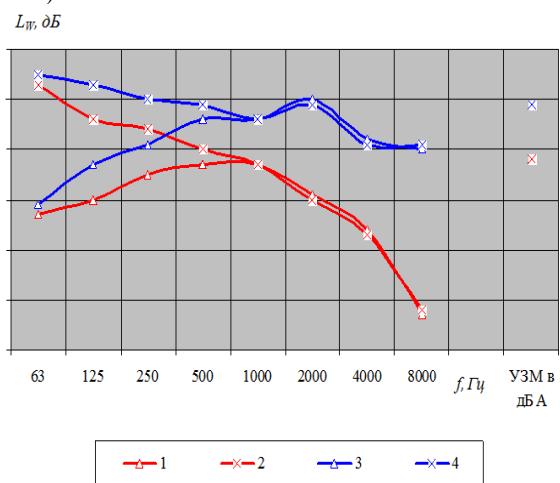


Рис.3. Шумовые характеристики канальных вентиляторов  
1 – СК 100 (с коррекцией); 2 – СК 100 (без коррекции); 3 – СК 315 (с коррекцией); 4 – СК 315 (без коррекции)

Величина возникающей ошибки, разумеется, равна величине внесенной корректирующей поправки, которая, кстати, уже учтена при нормировании шума [9]. Как видно на рисунке 3, в октаве с характерной частотой 63 Гц скорректированный УЗМ ниже нескорректированного на 26 дБ.

Таким образом, если судить по скорректированным уровням звуковой мощности, данные канальные вентиляторы – малозумные.

Видимо, на такую реакцию покупателей и рассчитывают изготовители или поставщики оборудования, представляя им не основную шумовую характеристику. Квалифицированные специалисты, знакомые со спектрами шума оборудования ИС, каких немного, эту подмену обнаружат. Другие не заметят, получают заниженные расчетные данные в диапазоне низких частот, подберут глушители меньшей длины, чем требуется, и обеспечат негативные последствия.

Очень часто в расчетах ошибочно завышается эффективность выбранных мероприятий, и ответственность лежит зачастую на отдельных фирмах, изготавливающих вентиляторы и сопутствующие комплектующие детали к ним. Они приводят в своих каталогах необоснованно высокую эффективность глушителей на низких частотах до 20 дБ, а на высоких до 58 дБ (Рис.4) [10]. Применение таких глушителей ведет к неэффективности предлагаемых мероприятий.

$\Delta L_{гг}, дБ$

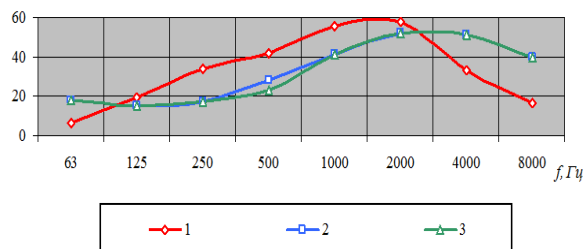


Рис.4. Неверная эффективность шумоглушителя длиной 1000 мм

1 – трубчатого; 2 – канального; 3 – пластинчатого

При постановке пластинчатых глушителей обычно не предусматриваются форкамеры, в результате чего из-за увеличения сопротивления потоку воздуха увеличивается излучаемый вентилятором шум. Нередки случаи, когда не учитывается скорость движения воздуха в глушителях, из-за чего значительно сокращается срок их службы. Например, был проект, в котором в результате неправильной постановки пластинчатого глушителя скорость воздуха в глушителе достигала 30 м/с. [11].

Часто закладываются в проектах звукопоглощающие материалы, которые нельзя применять для данных случаев. Например, не все материалы для глушителей вытяжных систем можно применять для приточных систем [11].

К сожалению, в настоящее время часто наблюдаем «союз» заказчика и проектировщика для достижения одной цели: согласовать проект санитарно-защитной зоны (СЗЗ) объекта без шумозащитных мероприятий. Пример 2014г.: был не согласован проект СЗЗ фабрики, так как для вентиляторных агрегатов номеров 5 и 6,3 были взяты заниженные шумовые характеристики и большая группа вентиляторных агрегатов открыто на территории фабрики, а механический шум не был

оценен. Через два месяца был разработан и представлен на согласование новый проект СЗЗ этой же фабрики, в котором приведены для корпусов фабрики вентиляторных агрегатов номеров 2,5 и 3,15 с минимальным числом оборотов вентиляторного агрегата, и все агрегаты установлены в помещениях корпусов фабрики. В новом проекте СЗЗ приложены данные инвентаризации вентиляции, в которой указаны вентиляторные агрегаты номеров 2,5 и 3,15. Данные инвентаризации и новое месторасположение вентиляторных агрегатов завизированы руководством фабрики. .... Комментарии здесь не приводим.

### Выводы

В целом по поводу уровня оптимизации шумоглушения ИС и не только их можно отметить следующее. До появления в нашей стране, безусловно, прогрессивного компьютерного способа получения расчетных данных, когда акустические расчеты выполняли в основном квалифицированные специалисты-акустики, перечисленные ошибки были случайными. В настоящее время, когда акустическими расчетами занимаются все желающие, используя не проверенные практикой программные обеспечения, такие ошибки приобрели систематический характер. Материальные затраты на устранение их негативных последствий увеличились, по всей вероятности, в десятки, если не в сотни раз.

В заключение информируем читателей о том, что в 2010 году разработан (при непосредственном участии силами НИИСФ РААСН) и утвержден в 2011 году Министерством регионального развития новый основополагающий документ в области борьбы с шумом. Разрабатывался он как новый СНиП «Защита от шума», но в связи с изменением системы стандартизации утвержден как Свод правил [7]. Среди структурных изменений отмечаем включение в него отсутствующего в предыдущем документе, но крайне необходимого раздела, касающегося систем вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения и воздушного отопления.

В 2011 году также введен в действие стандарт НИИСФ РААСН [12]. В основу стандарта положено Руководство [5] разработанное институтом на базе результатов обширных аналитических и экспериментальных исследований. Стандарт существенно дополняет Свод правил [7].

Главной отличительной чертой нового обязательного для исполнения проектировщиками документа [7] является отсутствие в нем каких-либо расчетных формул (только нормы и правила проектирования шумоглушения). Уточненные методики акустических расчетов различных источников шума с учетом современных условий, как предполагается, будут содержать соответствующие Своды правил – документы, без которых невозможно обеспечить нормы и правила, установленные основополагающим документом.

Правда, они будут иметь другой статус – для добровольного использования.

Следствием созданной ситуации, безусловно, будет усложнение процесса оптимизации шумоглушения ИС с точки зрения акустики и экономики.

#### Список литературы

1. Гусев В.П. Опыт борьбы с шумом оборудования инженерных систем [Текст] / Сб. трудов научной конференции - академических чтений «Актуальные вопросы строительной физики», посвящённые памяти Г.Л. Осипова. – М.: АСADEMIА, 2009. – 184-192 с.
2. Гусев В.П., Шубин И.Л. Защита от шума оборудования инженерных систем зданий различного назначения экранированием [Текст] / Сб. трудов международной научно-практической конференции «Гармонизация европейских и российских нормативных документов по защите населения от повышенного шума. – М.: НИИСФ РААСН, 2009. – 88-102 с.
3. Гусев В.П. Вибрация оборудования инженерных систем и способы защиты от нее [Текст] / ж-л АВОК, 2010, №5. – 44-51 с.
4. СНиП П-12-77 «Защита от шума» [Текст]. – Госстрой СССР, 1978.
5. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения вентиляционных установок [Текст]. – М.: Стройиздат, 1982.
6. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» [Текст]. – Госстрой России, ФГУТ ЦПП, 2004.
7. СП 51.13330.2011 «Защита от шума». Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003, введ. 2011-05-20, изд. Официальное[Текст]. – М.: Минрегион России, 2011.
8. Гусев В.П., Руднева Е.А., Калашникова Н.К., Гончаренко И.А. Ошибки в расчетах шумового воздействия оборудования инженерных систем и их негативные последствия [Текст] / АСADEMIА. Архитектура и строительство. – М.: НИИСФ РААСН, 2010, № 4. – 234-236 с.
9. Гусев В.П. Ещё раз о шумовых характеристиках вентоборудования и акустических возможностях шумоглушителей [Текст] / ж-л АВОК, 2008, № 2. – 48-55 с.
10. Калашникова Н.К., Веретина И.А., Лазаренко Н.В., Гончаренко И.А. Шум от оборудования автомоек [Текст] / Защита от повышенного шума и вибрации; под ред. Н.И. Иванова.– СПб.: Айсинг, 2015. – 397-403 с.
11. Калашникова Н.К., Клименкова О.И. Типовые ошибки при проектировании объектов с источниками шума [Текст] / Сб. трудов ХУШ сессии Российского акустического общества, том 3.– Таганрог:ГЕОС, 2006. – 199-201 с.
12. СТО 02495359-6.001-2011 Расчет и проектирования шумоглушения систем вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения и воздушного отопления[Текст]. – М.: НИИСФ РААСН, 2011.

### PRECISE ACOUSTIC CALCULATION IS THE BASIS OF THE OPTIMUM NOISE PROTECTION FROM UTILITY SYSTEMS

**Summary:** The article discusses the possible causes of discrepancies in the performance of acoustic calculations of engineering systems with which the modern facilities are equipped such as ventilation, air conditioning, air heating and cooling systems, which in most cases leads to the exclusion of possibility to optimize protection from noise of engineering systems.

**Keywords:** Noise, engineering systems, acoustic calculation, inaccuracy, dB.

## Раздел 4. Экологическая безопасность

### ТЕХНОГЕННЫЕ ШУМОВЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИИ ТЕРРИТОРИИ

Ветрова Н.М., Вереха Т.

Крымский федеральный университет им. В.И.Вернадского Академия строительства и архитектуры, Крым

295943 г. Симферополь, ул. Киевская, 181

хаос@napks.ru, tanyanik13@rambler.ru

**Аннотация.** Работа рассматривает одну из экологических проблем урбанизированных территорий – техногенные шумовые загрязнения. Основным нарушителем акустического благополучия урбанизированных территорий является транспорт. Особое значение при этом приобретают вопросы охраны окружающей среды и защита городских агломераций от шумового загрязнения. Рассматривается его негативное влияние на здоровье человека, которое приводит к серьезным физиологическим последствиям. Следовательно, мероприятия по оздоровлению личного пространства человека, с точки зрения защиты его от шумового фактора, достаточно актуальны для современного техногенного и урбанизированного общества.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, здоровье, негативное влияние, транспорт, шум, техногенные шумовые загрязнения, шумозащита, урбанизированные территории, городские агломерации.

#### Постановка задачи исследований

Рассматривая обеспечение благоприятного шумового режима как элемента общей системы экологической безопасности урбанизированных территорий, можно говорить о возможности достижения экологической безопасности по шумовому фактору. Это связано с тем, что шум, является постоянным компонентом урбанизированной территории, наиболее агрессивным техногенным фактором, так как он обладает длительным временем воздействия и трудно экранируется. Шумовое загрязнение возникает в результате превышения уровня звуковых колебаний сверх природного фона и приводит к серьезным физиологическим последствиям для человека [1;2] [3, с.137-138]. Поэтому, шум можно отнести к числу наиболее сильных факторов, способных оказывать отрицательное воздействие на человека, одной из форм вредного воздействия на окружающую среду и поэтому изучение условий шумообразования и поиск путей борьбы с шумом становятся все более актуальными.

За последние десятилетия проблема борьбы с шумом во многих странах стала одной из важнейших. Основным нарушителем акустического благополучия урбанизированных территорий является транспорт.

#### Анализ основных исследований и публикаций

Важной составляющей экологической безопасности является состояние защищенности личности, общества и государства от угроз, создающихся стихийными бедствиями и техногенными катастрофами. В Федеральном Законе «Об охране окружающей среды» РФ [4] под безопасностью понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и

внешних угроз. Поэтому объектом обеспечения безопасности жизнедеятельности является общество и личность в контексте:

- создания комфортного состояния среды обитания в зонах трудовой деятельности и отдыха человека;
- разработки и реализации мер защиты человека и среды обитания от негативных воздействий;
- прогнозирования развития негативных воздействий и оценки последствий их действия [5].

Прогнозирование и оценка шумового режима селитебной зоны города является актуальной задачей. Особенностью современных городов в нашей стране и за рубежом является интенсивный рост при ограниченных пространственных рамках. Это приводит к тесному переплетению различных функциональных зон города. В таких условиях неизбежно негативное влияние одних зон на другие. Задача борьбы с шумом сводится к нахождению компромисса: обеспечить одновременно существование мощнейших источников шума и акустическую безопасность человека. [6; 7]

Пестрякова С.В. [8] в своей работе говорит о прямом и косвенном воздействии на организм человека. Прямое воздействие – в виде нарушения слуха в зависимости от уровня звукового сигнала, а косвенное является причиной раздражительности, беспокойства, нарушения сна. При этом накопление шумовой нагрузки приводит к необратимым деструктивным процессам в организме.

Известный терапевт академик А.Мясников указывал, что шум может быть источником гипертонии.

### Основной раздел

Рост интенсивности движения в условиях ограниченной площади и несовершенных транспортных сетей обусловили обострение экологической ситуации практически во всех крупных городах. Решение этих проблем особенно усложняется в центральных частях городов, населенных большим количеством перекрестков и узких улиц. Повышение уровня шума, причиненное развитием транспорта, является одним из серьезнейших негативных факторов, который непосредственно влияет на здоровье жителей урбанизированных территорий.

Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно.

1. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. Методика оценки воздействия производственного шума с целью сохранения слуха регламентируется в стандарте ИСО—1999—75 [9], в котором установлено соотношение между воздействием шума, выражаемым через уровень звука и его продолжительность, и процентом людей, у которых можно ожидать ухудшения слуха вследствие воздействия производственного шума. Результаты проведенных обследований показали, что тугоухость в последние годы выходит на ведущее место в структуре профессиональных заболеваний и не имеет тенденции к снижению.

2. Раздражение шумом, через волокна слуховых нервов, передается в центральную и вегетативную нервную системы, приводя к значительным изменениям в функциональном состоянии организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения. Установлено повышение на 10% общей заболеваемости рабочих шумных производств. Из вегетативных реакций наиболее выраженным является нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, а также повышение артериального давления (при уровнях звука выше 85 дБ).

3. Воздействие шума на центральную нервную систему вызывает увеличение латентного (скрытого) периода зрительно-моторной реакции, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме (при шуме 50—60 дБ). Существенно изменяет биопотенциалы мозга, их динамику, вызывает биохимические изменения в структурах головного мозга [10].

В настоящее время «шумовая болезнь» характеризуется комплексом симптомов. К объективным симптомам шумовой болезни относятся снижение слуховой чувствительности, изменение функции пищеварения, выражающееся в

понижении кислотности, сердечно-сосудистой недостаточности.

Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие сдвиги в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

Борьба с шумом не только гуманна, но и экономически целесообразна. Целесообразность обуславливается, кроме потерь от снижения производительности труда, еще и денежными средствами, затрачиваемыми на лечение болезней, вызванных шумом, на преждевременное пенсионное обеспечение, на сокращение периода трудовой деятельности человека. Проблему оздоровления от шумового загрязнения окружающей среды по-разному решают в условиях крупных, средних и малых городов, так как масштабы активного воздействия на окружающую среду различны. Характер и степень изменения окружающей среды городов определяются спецификой природно-климатических условий, планировочными особенностями и хозяйственным профилем города [11].

Защита от шума осуществляется различными способами. Средства защиты от шума по отношению к источнику подразделяются на методы, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Наиболее распространенным способом защиты от шума является метод, основанный на поглощении и отражении звука [12].

По результатам проведенного исследования, рассмотрим проблему шумового загрязнения в системе мониторинга интенсивности движения автотранспорта в городе Симферополь (Таблица 1). Замеры на территории жилой застройки проводились в час-пик до 10.00 и после 15.00, согласно санитарным нормам [13], по контрольным точкам шумомером «Ассистент».

По результатам мониторинга можно сделать вывод, что превышение шумового режима наблюдается по всем контрольным точкам города, увеличение шума транспортных потоков подтверждается, следовательно, негативное влияние на окружающую среду и человека стало наиболее интенсивно.

Таблица 1.

Интенсивность техногенного шумового загрязнения от транспортных средств в г. Симферополь

№ контрольной точки	Наименование улицы	Нормативное значение эквивалентного уровня шума, дБА	Результат измерения, дБА
1	ул. Севастопольская, 115	65/80	71/84
2	ул. Севастопольская, 26	65/80	70/85
3	ул. Киевская, 17	65/80	73/86
4	ул. Киевская, 122	65/80	72/83
5	пр-т Победы, 56	65/80	73/85
6	пр-т Победы, 194	65/80	73/84
7	ул. Кечкеметская, 31	65/80	74/82
8	ул. Кечкеметская, 188	65/80	73/84
9	ул. Гагарина, 16/14	65/80	71/80
10	ул. Гагарина, 19	65/80	72/80
11	ул. Лермонтова, 5	65/80	73/82
12	ул. Кирова, 38	65/80	75/84
13	ул. Ленина, 20	65/80	74/85
14	ул. Красноармейская, 5	65/80	73/84
15	ул. 60 лет Октября, 5	65/80	72/81
16	ул. Козлова, 37	65/80	75/83
17	ул. Желябова, 32	65/80	73/81
18	ул. Калинина, 18	65/80	72/80

Следует уточнить теоретические разработки по совершенствованию приемов снижения шума градостроительного и строительного направлений, которые могут быть применены.

#### Выводы

Социальное значение проблемы борьбы с шумом в первую очередь заключается в улучшении условий труда и отдыха, снижении текучести кадров, проявлении периода активной деятельности работающих, повышении удовлетворенности трудом. При разработке стратегии борьбы с шумом с социальной точки зрения большое значение имеет определение численности людей, подвергающихся воздействию шума высоких уровней.

Выбор мероприятий по защите от негативного влияния техногенного шумового загрязнения городов основывается на сравнительной вариантной оценке и включает в себя последовательный комплекс решений по преобразованию урбанизированной территории, планировке и обустройству специальными шумозащитными сооружениями улично-дорожной сети, организации движения транспорта и т.д.

#### Перспективы дальнейшего исследования

Влияние шума на организм достаточно многогранно и следует избегать его вредных воздействий, поэтому мероприятия по оздоровлению личного пространства человека, с точки зрения защиты его от шумового фактора, достаточно актуальны для современного техногенного и урбанизированного общества.

#### Литература

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник/Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с [2], ил. табл. карт. схем, граф.

2. Никитин Д.П. Окружающая среда и человек/Д.П.Никитин, Ю.В. Новиков. – М.: Высшая школа, 1986. – 415 с.

3. Ветрова Н.М. Обеспечение экологической безопасности рекреационного региона: монография/Н.М. Ветрова, С.И. Федоркин. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2012. – 294 с.

4. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 25.06.2012 с изменениями, вступившими в силу 01.01.2013) "ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ"

5. Горбатюк Н.В. Основы экологии. /Н.В. Горбатюк, М.В. Горбатюк. учеб. пособие. - Симферополь: СОНАТ, 2011.- 328 с.

6. Факторович А.А. Защита городов от транспортного шума /А.А. Факторович, Г.И. Постников. – К.: Будівельник, 1982.- 144 с.

7. Абракитов В.Э. Аналоговое моделирование процессов распространения звука на территории города/В.Э.Абракитов, С.В. Нестеренко/Автоматизированные системы управления и приборы автоматики: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. Вып. № 121. Харків: Харківський національний університет радіоелектроніки, 2002. – с. 87 – 94.

8. Пестрякова С.В. Современные методы борьбы с шумом при проектировании городов/С.В. Пестрякова - М.: ВНИИТАГ Госкомархитектуры, 1989. – 34 с. [Электронный ресурс].- Режим доступа-[www.lib.ua-ru.net/diss/cont/224872.html](http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/224872.html)9.

Международный стандарт ИСО (ISO) «Акустика. Оценка воздействия транспортного шума с целью сохранения слуха». Рег. № ИСО-1999-75.

10. Ветрова Н.М. Подход к классификации техногенных опасностей /Н.М.Ветрова//Восточно-

Европейский журнал передовых технологий. – 2007.  
- №1/3(25). – с.20-24

11. Абракитов В.Э. Использование системного подхода и системного анализа для решения проблемы борьбы с шумом/ В.Э. Абракитов, С.Е. Селиванов, Г.М. Жолткевич //Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія "Екологія" [Электронный ресурс].- Режим

доступа

<http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/3447>

12. ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты шума. Классификация»

13. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»

## THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL NOISE POLLUTION ON HUMANS AND THE ENVIRONMENT

N. Vetrova, T. Vereha

**Annotation.** The work considers one of the ecological problems of urbanized territories - man – made noise pollution. The main disturber of the acoustic well-being of urbanized areas is transport. In this case the problems of the environmental protection and protection of urban agglomerations from noise pollution are of great importance. The article considers its negative impact on human health that causes serious physiological consequences. Thus, measures that improve the health of human’s personal space, from the point of view of his protection from the noise factor, are quite relevant to modern industrial and urbanized society.

**Key words:** environmental safety, health, negative impact, transport, noise, technological noise pollution, sound insulation, urban areas, urban agglomerations.

## ПОВЫШЕНИЕ РОЛИ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Наталья Волкова<sup>1)</sup>, Роман Захаров<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> ГБУ РК „НИИСХ Крыма”, 295453, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150,

e-mail: isg.krym@gmail.com;

<sup>2)</sup> Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181,

e-mail: napks@napks.ru.

**Аннотация.** Орошаемое земледелие в Республике Крым является основным механизмом, позволяющим сгладить негативное для сельскохозяйственного производства влияние недостаточного естественного увлажнения. Сформировавшиеся на территории Крымского региона водо- и энергоограниченные условия не уменьшают важности орошения, а наоборот подталкивают к трансформации процесса организации орошаемого земледелия в современную действительность. Первым шагом в данном направлении является переориентация приоритетов ведения орошаемого земледелия на пользователя, как звено, от которого зависят многие факторы, влияющие на организацию и управление орошаемыми землями и эффективность орошения в целом.

**Ключевые** слова: аграрный сектор экономики, орошаемое земледелие, водоисточник, транспортирующая подсистема, пользователь, ресурсосберегающие технологии.

### Введение

Прекращение поставок днепровской воды с территории Украины привело к усилению в Республике Крым дефицита водных ресурсов. Особо остро это отразилось на состоянии орошаемого земледелия. Так, например, площадь политых земель в 2014 году сократилась в 8 раз в сравнении с итогами поливного сезона 2013 года и составила 17,3 тыс. га. В 2015 году ситуация не улучшилась, по данным оперативных сводок на 1.08.2015 площадь политых земель составила всего 7,1 тыс. га. При этом необходимо отметить, что в основе устойчивого социально-экономического развития региона лежит стабильное функционирование агропромышленного комплекса. В целом по природно-климатическим условиям Республики Крым можно охарактеризовать как регион благоприятный для развития сельскохозяйственной отрасли [1, 2]. Основным ограничивающим фактором является недостаточное естественное увлажнение территории. Орошаемое земледелие позволяет сгладить отрицательное воздействие этого фактора. Формирование вододефицитных условий на территории полуострова не уменьшило значимость орошения, а наоборот подталкивает к пересмотру сложившегося процесса организации и ведения орошаемого земледелия.

### Анализ публикаций, материалов, методов

Вопросам организации процесса орошаемого земледелия и повышения его эффективности посвящено много работ. Среди них в первую очередь необходимо отметить «Основы мелиорации» А.Н. Костякова, труды С.М. Алпатьева, В.С. Дмитриева, В.А. Духовного и многих др. Эти работы, как правило, содержат теоретические и методологические основы, и не освещают

региональных особенностей эффективного ведения сельскохозяйственного производства в современных условиях. В данной работе организация процесса орошаемого земледелия раскрыта с точки зрения пользователя орошаемых земель Республики Крым, отображено его влияние на остальные звенья цепи и факторы, влияющие на эффективность ведения орошения в регионе.

### Цель работы

Разработка предложений по повышению эффективности ведения орошения в хозяйствах Республики Крым в новых ресурсоограниченных условиях.

В качестве основной постановки задачи исследований выступает пересмотр процесса организации орошаемого земледелия в современной действительности, раскрытие значимости пользователя орошаемых земель для эффективного ведения орошения и механизмов, через которые он влияет на все составляющие данного процесса.

### Основной раздел

Независимо от того, возобновится ли водообеспечение потребностей Крыма от внешнего источника, для дальнейшего эффективного ведения орошаемого земледелия необходимо пересмотреть сложившиеся на территории полуострова принципы его организации. Даже если поставки воды от внешнего водоисточника возобновятся, цена на воду, возможно, возрастет. Это вызвано в первую очередь увеличением тарифа на электроэнергию. Таким образом, для Республики Крым это обуславливает необходимость рационального использования имеющихся водных ресурсов, реконструкцию и переоснащение водотранспортирующей системы и рассмотрение процесса ведения орошаемого земледелия с точки зрения пользователя. Именно от него зависит выбор способа орошения, структуры

посевных площадей, соблюдение технологии возделывания сельскохозяйственных культур, использование современных достижений науки и техники, поддержание внутрихозяйственной водотранспортирующей сети в работоспособном состоянии. С другой стороны именно пользователь является финансовозависимым от результатов ведения орошаемого земледелия и в его интересах максимально эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Если раньше процесс организации орошаемого земледелия рассматривался как совокупность трех звеньев: водоисточник – транспортирующая система – участок (либо дождевальная машина) [3], то сейчас замыкающим звеном должен рассматриваться пользователь орошаемых земель (рисунок 1).

На рисунке 1 приведена схема организации процесса орошаемого земледелия, при этом

необходимо отметить, что хотя «пользователь» и является замыкающим звеном данной цепи, он оказывает существенное влияние на все составляющие процесса организации орошаемого земледелия. Ниже на рисунке 2 отображена взаимосвязь «пользователя» с «источником», «транспортирующей системой» (внутрихозяйственной), «участком» и механизмы с помощью которых «пользователь» повышает как эффективность работы всей цепи, так и свое благосостояние.

Рассмотрим отдельно взаимодействие «пользователя» с остальными звеньями цепи организации процесса орошаемого земледелия: текущую ситуацию, обстоятельства, ведущие к неэффективному использованию имеющихся ресурсов, возможные мероприятия, которые позволят в дальнейшем улучшить обстановку.

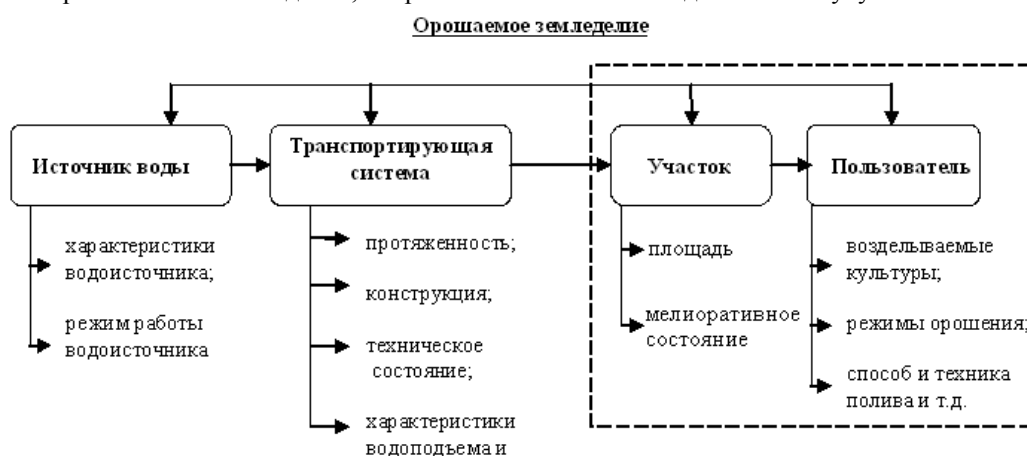


Рис. 1. Схема организации процесса орошаемого земледелия



Рис. 2. Взаимосвязь «пользователя» с остальными составляющими организации процесса орошаемого земледелия

Таблица 1.

Орошаемые земли, привязанные к местным водоисточникам, по Республике Крым

№ п/п	Наименование территориальных подразделений	Орошаемые земли, привязанные к местным водоисточникам, га					
		всего	в том числе по источникам				
			родники/сбросные воды	пруды	скважины	реки	водохранилища
1	Бахчисарайский	8780	0/0	370	0	2970	5440
2	Белогорский	6807	0/0	1519	0	1743	3545
3	Джанкойский	750	0/0	99	651	0	0
4	Кировский	1737	0/0	433	0	0	1304
5	Красногвардейский	38	0/0	0	38	0	0
6	Краснопереконский	0	0/	0	0	0	0
7	Ленинский	20	0/0	0	20	0	0
8	Нижнегорский	8001	0/209	0	1876	0	5916
9	Первомайский	0	0/0	0	0	0	0
10	Раздольненский	0	0/0	0	0	0	0
11	Сакский	404	0/51	0	353	0	0
12	Симферопольский	8026	0/0	2362	517	880	4267
13	Советский	946	0/310	0	449	0	187
14	Черноморский	1260	0/0	0	1260	0	0
15	г. Алушта	2183	374/0	1078	49	312	370
16	г. Судак	1388	0/0	1076	312	0	0
17	г. Феодосия	100	0/0	100	0	0	0
18	г. Ялта	372	42/0	292	0	38	0
	Всего по Республике	40812	416	7329	5525	5943	21029

«Пользователь» - «источник». После прекращения поставок днепровской воды с территории Украины основными водоисточниками, используемыми для целей орошения на территории Крымского полуострова, являются: водохранилища естественного стока, реки, пруды, скважины, родники.

Выше в таблице 1 приведено распределение орошаемых земель Республики Крым, привязанных к местным водоисточникам, по муниципальным территориальным подразделениям согласно сводным итогам паспортизации оросительных систем и сооружений по Крыму (ведомость хозяйственных источников орошения).

Таким образом, в предгорной зоне и на ЮБК (Южный берег Крыма) 77% орошаемых земель имеют источник воды, а в степной зоне – 4%. Для улучшения водообеспеченности степной зоны в сложившихся воддефицитных условиях необходимо применять дополнительные источники воды для орошения – очищенные сточные воды населенных пунктов, опресненную морскую воду.

Всего в Крыму к местному стоку привязано 40,8 тыс. га орошаемых земель, а по данным на

1.08.2015 полито всего 7,1 тыс. га. К основным причинам такого развития событий можно отнести следующие:

- переброска стока рек на покрытие питьевых, промышленных, хозяйственно-бытовых нужд – сток реки Биюк-Карасу используется для пополнения наливных питьевых водохранилищ восточной части Крымского региона;

- наличие бесхозных водных объектов, ресурсы которых не используются – около половины прудов на орошение, расположенных на территории полуострова, не используется. Это можно объяснить следующими причинами: часть прудов наполнялась за счет днепровской воды; Северо-Крымский канал был более стабильным источником, наличие водных ресурсов в нем не зависело от водности года [4]. Ниже в таблице 2 приведено наличие прудов, используемых для орошения, по муниципальным подразделениям и их фактическое использование по итогам поливного сезона 2014 года;

Таблица 2.  
Эффективность использования прудов в орошаемом земледелии

№ п/п	Наименование муниципального подразделения	Наличие прудов на орошение, шт.	Их фактическое использовалось в 2014 г., шт.	Эффективность использования прудов в орошаемом земледелии, %
1	Бахчисарайский	202	51	25
2	Белогорский	40	18	45
3	Джанкойский	1	0	0
4	Кировский	10	10	100
5	Красногвардейский	18	18	100
6	Краснопереконский	1	0	0
7	Ленинский	2	1	50
8	Нижегородский	0	0	0
9	Первомайский	0	0	0
10	Раздольненский	8	2	25
11	Сакский	27	5	19
12	Симферопольский	35	14	40
13	Советский	0	0	0
14	Черноморский	4	4	100
15	г. Алушта	37	33	89
16	г. Судак	34	31	91
17	г. Феодосия	10	10	100
18	г. Ялта	38	38	100
19	г. Керчь	0	0	0
	Всего по РК	467	235	50

- соблюдение интересов других водопользователей расположенных ниже по течению. Так, к примеру, на приусадебных участках сельского населения производится значительная часть продукции растениеводства и животноводства, а это предполагает обязательные попуски из прудов для поддержания гидравлической связи с первым водоносным горизонтом [4, 5].

Таким образом, для улучшения ситуации, связанной с повышением водообеспеченности сельских территорий и эффективностью использования имеющихся источников воды для орошения, в дальнейшем необходимо:

- внедрение системы рационального использования всех имеющихся водоисточников;
- государственная поддержка проектов, связанных с использованием очищенных сточных вод населенных пунктов для целей орошения [6];
- усовершенствование системы мониторинга на водных объектах, а именно: расширение сети гидропостов, использование методики многофакторного нелинейного моделирования для определения гидрологических характеристик стока и разработки режимов работы русловых прудов и реки в целом [7];

- оборудование аккумулирующих сооружений средствами водоучета и создание системы гидравлической связи этих сооружений, в том числе с дополнительным созданием МГЭС [8] и т.д.

Повышение эффективности использования имеющихся источников воды с одной стороны позволит «пользователю» полить большую площадь орошаемых земель. С другой стороны «пользователь» в свою очередь то же оказывает существенное влияние на «источник». Возможны следующие варианты пользования водоисточниками:

- водный объект находится в собственности или аренде пользователя;
- пользователь получает необходимые ему объемы воды на основании заключения договора на поставку воды с организациями, в ведении которых находится водоисточник.

В первом случае пользователь напрямую несет ответственность за техническое состояние водоисточника, экологическое состояние речной системы или за изменение качественных и количественных характеристик водоносного горизонта, из которого отбирается вода. Место водоотбора в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации [9, ст. 39, п. 2.5] должно быть оборудовано средствами водоучета.

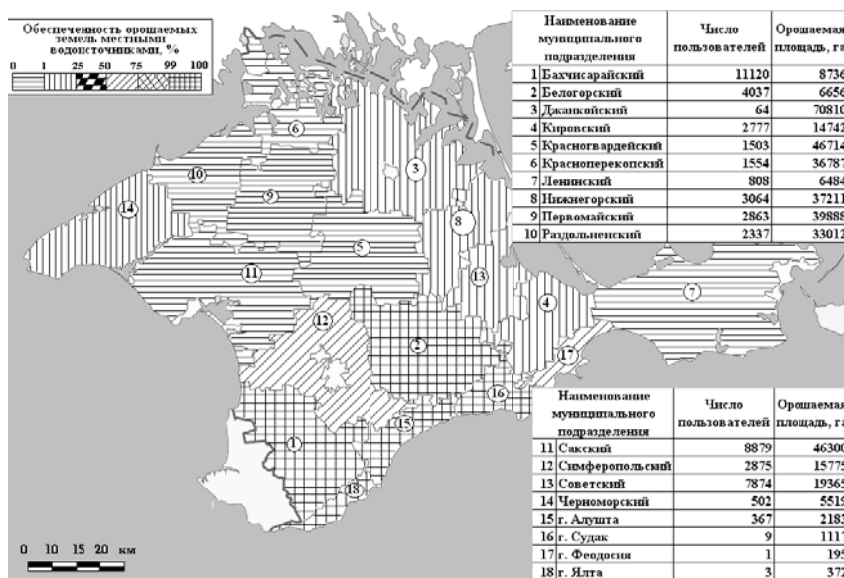


Рис. 3. Градация «пользователей» по обеспеченности орошаемых земель местными водоисточниками

Во втором случае влияние пользователя является косвенным и сводится к финансовому возмещению затрат на содержание водоисточника. Выше на рисунке 3 приведена градация «пользователей» в зависимости от обеспеченности существующих орошаемых земель местными водоисточниками.

На рисунке 3 наглядно видно, что менее всего местными источниками воды для орошения обеспечены пользователи Красногвардейского, Красноперекопского, Ленинского, Советского и Сакского районов.

**«Пользователь» - «транспортная система».** Общая протяженность оросительных систем в Республике Крым составляет 10968 км, из них 1763,72 км – межхозяйственная сеть, 8237,6 км – внутрихозяйственная сеть и 967,01 км – хозяйственные оросительные системы. Внедрение водосберегающих технологий по данному звену подразумевает максимальное сокращение потерь воды на испарение, фильтрацию и утечки при ее транспортировке. Водотранспортирующая система Республики Крым характеризуется довольно низкими КПД.

Это объясняется рядом причин, среди которых необходимо выделить следующие:

- система СКК ряд лет использовалась не на те расходы и объемы, на которые была запроектирована. Это соответственно снижает эффективность ее работы, ведь объемы подаваемой воды сократились почти в 3,5 раза по сравнению с 1990 годом, а потери на испарение и фильтрацию изменились не существенно;
- ухудшение технического состояния каналов и трубопроводов;
- износ насосно-силового оборудования;
- неудовлетворительное состояние водорегулирующих сооружений на сети и т.д.

В подтверждение последних трех причин в таблице 3 отражены данные инвентаризации внутрихозяйственной сети Республики Крым за 2014 год.

Из анализа данных таблицы 3 видно, что капитального ремонта и восстановления требует:

- около 20% открытой сети;
- около 30% закрытой сети;
- более 30% насосных станций;
- около 62% сооружений на оросительной и водосборно-сбросной сети.

Лотковая сеть целиком должна быть заменена на каналы или трубопроводы – лотки не выпускаются уже около 20 лет, а 40% сети находится в неудовлетворительном состоянии.

Таким образом, для улучшения общей ситуации, связанной с транспортированием воды, необходимо:

- усовершенствовать и внедрить новые технологии управления водными ресурсами, существующими природно-техническими системами при их трансформации в ресурсоограниченные условия на основе логистических принципов. То есть целевой функцией данных преобразований должно быть обеспечение подачи воды соответствующего качества в заданное время в соответствующее место с наименьшими потерями при минимуме затрат и обеспечении экологической безопасности [10];
- повысить техническое состояние водотранспортирующих сетей, при проведении реконструкции выбор типа конструкции транспортирующей сети необходимо проводить на основании технико-экономического обоснования;

Таблица 3.

Итоги инвентаризации внутрихозяйственной оросительной сети по Республике Крым за 2014 г.

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Всего		
			количество	из них требует	
				кап. ремонта	восстановления
1	Постоянная в/х сеть, всего	км	5264,89	816,4	665,7
	в том числе: а) открытая	км	2356,94	266,1	208,3
	б) лотки	км	966,76	143,1	272,5
	в) закрытая сеть	км	1941,19	407,2	284,9
2	Водосборно-сбросная сеть	км	2837,0	-	85,4
3	Сооружения на оросительной и водосборно-сбросной сети	шт.	76700	29522	18314
4	Гитрометрические посты	шт.	187	12	-
5	Насосные станции	шт.	137	15	31
6	Мосты и переезды	шт.	5036	115	16
7	Напорные трубопроводы	км	2972,71	472,3	176,4

- предусмотреть реконструкцию насосных станций с учетом подбора и работы насосно-силового оборудования по показателям эксплуатационных режимов, а также с использованием частотных преобразователей для регулирования работы насосов [10, 11];

- увеличить число гидропостов на сети;

- при определении объема водозабора из источника учитывать погрешность регулирования расхода воды в оросительных каналах [12];

- места водовыпусков оборудовать современными водоизмерительными приборами и т.д.

По данному звену процесса организации орошаемого земледелия необходимо уменьшить потери воды при транспортировке, обеспечить строгий контроль и учет подаваемых объемов воды и создать необходимые условия, обеспечивающие эффективность ведения орошаемого земледелия (подача требуемых объемов воды необходимого качества в соответствующие сроки; поддержание нужного давления в сети).

По транспортирующей системе вода подается непосредственно на участок «пользователя», но в то же время от него зависит техническое состояние внутрихозяйственной оросительной системы, своевременный текущий ремонт, уход, переоснащение, а при необходимости восстановление или реконструкция.

Для примера рассмотрим, на сколько эффективно пользователи Красногвардейского

муниципального района использовали свои орошаемые земли - рисунки 4, 5 (обработаны данные отчетов Красногвардейского филиала Государственного бюджетного учреждения Республики Крым «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации» по технической эксплуатации оросительных систем за период с 2006 по 2013 гг. по категориям «пользователей» – гоппредприятия, частные агроформирования, фермерские хозяйства).

Анализ диаграмм, приведенных на рисунках 4, 5, объясняет по какой причине значительная часть внутрихозяйственной сети требует реконструкции и восстановления. Из диаграммы, приведенной на рисунке 4, видно, что большая часть «пользователей» не поливала закрепленные за ними орошаемые земли и данная ситуация не изменялась на протяжении всего приведенного периода времени, то есть водохозяйственная система по Красногвардейскому району практически не использовалась, так как даже при наличии «водоисточника» и «участка» у «пользователя» не было средств на организацию процесса орошаемого земледелия и соответственно практически не проводились мероприятия по поддержанию водотранспортирующей системы в работоспособном состоянии.

Подобное развитие событий характерно почти для всех муниципальных подразделений Республики Крым.

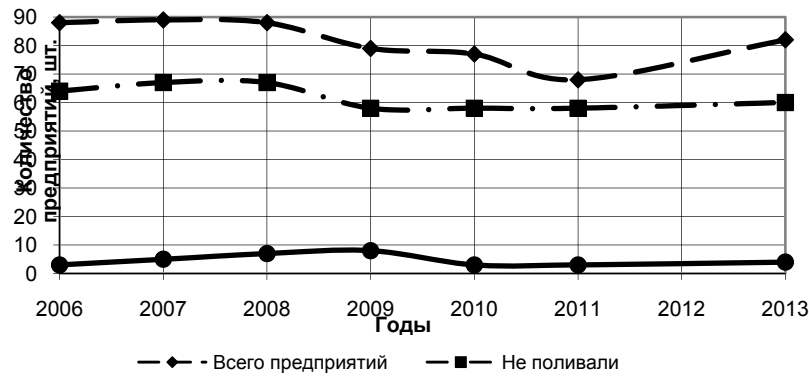


Рис. 4. Динамика количества предприятий, которые на 100% полили, закрепленные за ними орошаемые земли, или не проводили полив

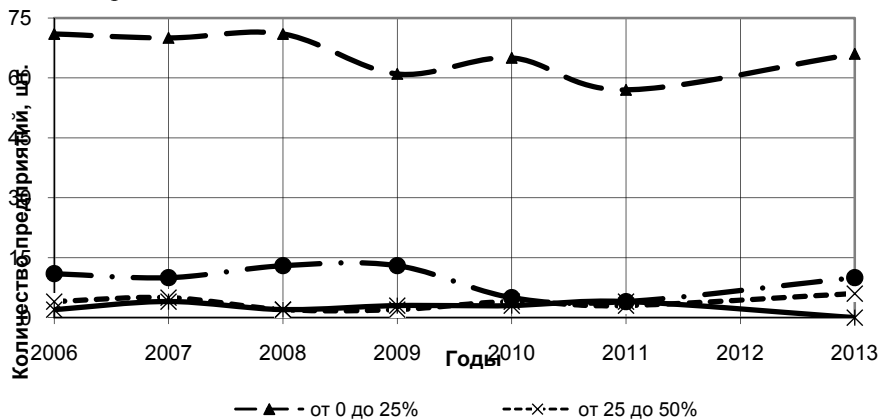


Рис. 5. Динамика количества предприятий в зависимости от эффективности использования орошаемых земель за период 2006-2013 гг.

**«Пользователь» - «участок».** Эти два звена цепи организации процесса орошаемого земледелия тесно взаимосвязаны между собой. «Участок» - это тот полигон, на котором «пользователь» непосредственно организует ведение орошаемого земледелия, а вот мелиоративное состояние «участка» напрямую зависит от того, насколько эффективно «пользователь» использует поданную для орошения воду, почвенно-климатический потенциал, закрепленной за ним земли [13].

В основе работы пользователя по организации процесса орошаемого земледелия лежит повышение эффективности использования оросительной воды на участке (рисунок 2). Рассмотрим по отдельности мероприятия, которые способствуют достижению этой цели.

**Выбор способа полива** должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения вариантов. Он зависит от ряда факторов, среди которых можно отметить следующие:

- водность источника орошения;
- конструкция и технические характеристики водоподводящей системы;
- конфигурация поля и рельеф;
- мелиоративное состояние;
- перечень возделываемых культур;
- климатические и почвенные условия;

- наличие средств и техники полива в хозяйстве;
- действующие государственные программы по поддержке развития орошаемого земледелия и платежеспособность пользователя.

В настоящее время, после прекращения поставок днепровской воды на территорию Республики Крым, главными факторами, влияющим на выбор способа полива, являются обеспеченность орошаемых земель источниками воды и их гидрологические характеристики [14].

Выбор перечня сельскохозяйственных культур базируется на:

- соблюдении севооборотов;
- почвенно-климатических условиях участка;
- перечне приоритетных культур, оговоренных в государственных и региональных программах развития;
- введении в орошаемый севооборот менее влаголюбивых культур;
- производственном опыте возделывания сельскохозяйственных культур в схожих почвенно-климатических условиях.

По последнему пункту необходимо отметить, что в условиях рыночной экономики благосостояние пользователя напрямую зависит от уровня рентабельности процесса орошаемого земледелия. Если рассматривать производственный опыт возделывания основных сельскохозяйственных культур на орошении

за период с 2007 по 2013 гг., то по уровню рентабельности можно выделить три основные группы:

- прибыльные культуры: гречиха, кукуруза на зерно, горох, рис, подсолнечник, соя, овощи, виноград, многолетние плодовые;

- культуры с переменной рентабельностью: озимая пшеница, рожь, ячмень, овес, просо, сорго, рапс, картофель, бахча, однолетние и многолетние травы на сено;

- убыточные культуры: кормовые корнеплоды, ягодники.

Таким образом, на территории Крыма ведение подотрасли овощеводства, виноградарства, садоводства на орошении является рентабельным, а эти три направления растениеводства в Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Республики Крым на 2015-2017 годы [15] обозначены как приоритетные. При выборе перечня культур нельзя полностью опираться на осредненные по Республике Крым результаты, приведенные выше, но их необходимо принять во внимание, так как отрицательная рентабельность явно свидетельствует о том, что либо не была выдержана технология возделывания сельскохозяйственной культуры, либо почвенно-климатические условия данного региона не подходят для выращивания данной культуры.

Внедрение современных достижений науки и техники играет большую роль в повышении

эффективности использования оросительной воды на участке. К данной группе мероприятий можно отнести следующие:

- введение в севооборот новых высокоурожайных сортов, более отзывчивых на орошение;

- использование современных средств и техники полива может позволить либо экономить поливную воду и электроэнергию, либо за счет улучшения равномерности полива и качественных характеристик дождя повысить урожайность сельскохозяйственных культур [16,17] и т.д.

**Соблюдение технологии возделывания сельскохозяйственных культур.** При организации процесса орошаемого земледелия необходимо помнить, что орошение – это интенсивный шаг в производстве, его невыгодно использовать при низком уровне внесения удобрений, защиты растений, агротехники. Технология возделывания сельскохозяйственных культур – это комплекс последовательных технологических операций, применение которых способствует повышению продуктивности возделываемых земель. В таблице 4 приведено сравнение осредненной по республике Крым урожайности по основным группам культур за период 2010–2014 гг. с урожайностью данных культур (полученной на практике в хозяйствах Республики Крым) при условии соблюдения технологии возделывания [18].

Таблица 4.  
Фактическая и возможная при соблюдении технологии возделывания урожайности по основным сельскохозяйственным культурам

№ п/п	Наименование культуры	Фактическая урожайность, ц/га					Урожайность, возможная при соблюдении технологии, ц/га
		2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	
1	Кукуруза на зерно	84,8	83,6	74,3	94,9	24,9	100
2	Кукуруза на силос	247,3	198,4	110,6	193,2	101,0	500
3	Подсолнечник	17,9	15,9	15,3	20,7	17,1	35
4	Картофель	79,3	116,8	147,6	110,6	47,1	250
5	Овощи отк. грунта	228,7	165,6	179,1	225,5	166,1	300
6	Оз. пшеница	33,1	41,9	21,9	23,7	36,0	60
7	Соя	29,1	25,9	22,9	25,5	-	25
8	Кормовые корнеплоды	45,6	211,3	50,0	370	-	900
9	Мн. травы прошлых лет на з/к	180,5	228,8	211,2	206,4	81,9	300

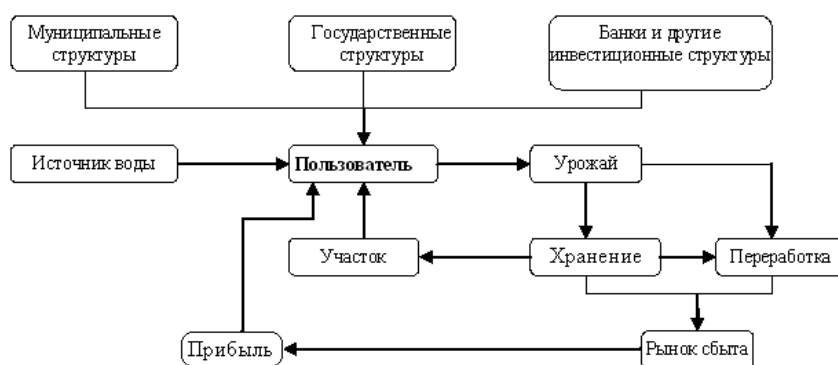


Рис. 6. Схема организации и управления процесса орошаемого земледелия с позиции пользователя

Из анализа данных таблицы 4 видно, что за последние пять лет только при возделывании сои получена урожайность, сопоставимая с возможной при условии соблюдения технологии возделывания. При возделывании кормовых культур на орошении можно наоборот отметить очень низкий показатель по урожайности данной группы сельскохозяйственных культур.

**Пользователь.** Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод, что «пользователь» своего рода организатор процесса орошаемого земледелия. На рисунке 6 приведена схема организации и управления процесса орошаемого земледелия с позиции «пользователя».

Если рассматривать рисунок 6 через призму «теории игр» [19], то это многофакторная система. «Пользователю» для эффективного ведения орошения необходимы источник воды и участок – без этих двух составляющих не один банк и не одна государственная структура не предоставят ему соответственно кредит или субсидию.

К факторам, влияющим на финансовое благополучие «пользователя», относятся урожай, полученный на поливаемых землях, наличие хранилища, по возможности перерабатывающего предприятия и стабильного рынка сбыта. Все эти факторы в совокупности являются основой благополучия пользователя и выступают гарантией правильной организации процесса орошаемого земледелия.

### Выводы

По результатам проведенных исследований для повышения эффективности ведения орошения в хозяйствах Республики Крым необходимо:

- переориентировать процесс организации орошаемого земледелия на «пользователя»;
- по звену «водоисточник» в первую очередь предусмотреть усовершенствование системы мониторинга и рационализацию использования всех имеющихся водоисточников в отраслях народного хозяйства региона;
- по звену «водотранспортирующая система» предусмотреть проведение мероприятий,

направленных на улучшение технического состояния системы;

- повысить эффективность использования оросительной воды на основании технико-экономического сравнения вариантов, научно-обоснованного выбора способа полива, оптимального выбора перечня культур, внедрения достижений науки и техники, соблюдения технологии возделывания сельскохозяйственных культур;

- усовершенствование механизма государственной поддержки «пользователя» по направлениям: внедрение водосберегающих технологий и рациональное использование водных ресурсов и водоисточников;

- создание хранилищ и стабильных рынков сбыта сельскохозяйственной продукции для обеспечения гарантии получения «пользователем» достойной прибыли.

### Литература

1. Половицкий И.Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия / И.Я. Половицкий, П.Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.;
2. Агроклиматический справочник по Крымской области / под ред. Н.И. Черенковой. – Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1959. – 133 с.;
3. Лысогоров С.Д. Орошаемое земледелие / С.Д. Лысогоров. – М.: Колос, 1971. – 372 с.;
4. Волкова Н.Е. Мониторинг водных объектов Крыма, как составляющая устойчивого социально-экономического развития / Н.Е. Волкова, В.В. Попович // Ежемесячный научный журнал НАУ. – 2015. – №8. – С. 122-125;
5. Волкова Н.Е. Повышение водообеспеченности сельского населения – шаг к устойчивому развитию аграрного сектора / Н.Е. Волкова, В.В. Попович, С.В. Подвалова // Ежемесячный научный журнал Общественной научной организации «Наука и хозяйство». – 2015. – №6. – С. 12-16;
6. Захаров Р.Ю. Очищенные сточные воды как альтернативный источник наполнения прудов в Республике Крым / Р.Ю. Захаров, Н.Е. Волкова //

- Пути повышения эффективности использования орошаемого земледелия. - 2015. - №2. – С. 100-106;
7. Тимченко З.В. Определение гидрологических характеристик стока рек Восточной части Южного берега Крыма при отсутствии гидрологических наблюдений / З.В. Тимченко // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. – 2008. - №23. – С.83-87;
8. Захаров Р.Ю. Обоснование возможности эффективного экологическибезопасного использования энергопотенциалов рек Крыма / Р.Ю. Захаров, С.Ю. Пашкова // Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергоснабжения. Сб. науч. тр. – 2010. - №2. – С. 118-123;
9. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система «Консультант Плюс». Версия Проф. – Последнее обновление 13.07.2015;
10. Актуальні питання підвищення енергоефективності зрошувальних систем / Р.Ю. Захаров [и др.]. – Сімферополь: СОНАТ, 2009. – 128 с.;
11. Захаров Р.Ю. Интегральная оценка эффективности энерго затрат на оросительных системах / Р.Ю. Захаров // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. – 2007. – №19-20. – С. 123-125;
12. Боровский Б.И. Особенности оценки погрешности регулирования расхода в каналах оросительных систем / Б.И.Боровский, Р.Ю. Захаров // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. – 2007. – № 18. – С. 151-156;
13. Кудин М.Ф. Комплексная оценка мелиоративных земель / М.Ф. Кудин, В.В. Попович, Н.А. Закусилов // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. – 2008. – № 26. – С. 90-93;
14. Волкова Н.Е. Внедрение водосберегающих способов полива – основа устойчивого развития орошаемого земледелия Республики Крым / Н.Е. Волкова, Э.Э. Сейтумеров, В.В. Попович // Пути повышения эффективности использования орошаемого земледелия. - 2015. - №2. – С. 93-98;
15. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Республики Крым на 2015-2017 годы, утверждена постановлением Совета Министров Республики Крым от 29.10.2014 № 423 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://msh.rk.gov.ru/file/pub\\_235009.pdf](http://msh.rk.gov.ru/file/pub_235009.pdf), свободный;
16. Захаров Р.Ю. Рекомендации по технической модернизации дождевальных машин BAUER-LINESTAR 5000 / Р.Ю. Захаров, И.Н. Софроний // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. – 2007. – № 219-20. – С. 126-129;
17. Перспективний ряд і основні параметри поливної техніки для вітчизняного виробництва: рекомендації / Інститут водних проблем і меліорації НААН; сост. Ромашенко М.І., Гринь Ю.І., Бабіцький В.В., Конаков Б.І., Музика О.П., Вельбік А.Г., Мавлютдинов О.О., Антонюк А.В. – Київ, 2012. – 36 с.;
18. Технологические пооперационные проекты выращивания сельскохозяйственных культур на юге Украины: методические рекомендации / Николаевская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция; сост. Лымарь А.О., Кириченко В.П., Стоковская Т.М. и др. – Николаев, 1982. – 311 с.;
19. Писарук Н.Н. Введение в теорию игр /Н.Н. Писарук. – Минск: БГУ, 2015. – 256 с.

## INCREASING OF ROLE OF WATER USER IN SYSTEM OF THE IRRIGATED AGRICULTURE ON EXAMPLE OF REPUBLIC CRIMEA

**Summary.** The irrigated agriculture in Republic Crimea is a basic mechanism, allowing to smooth out the negative for agricultural industry insufficient natural moistening. Formed on the territory of Crimean region the water- and energy limited conditions does not diminish importance of this mechanism, and vice versa push slightly to transformation of process of irrigated agriculture organization in modern reality. The first in this direction is changing of priorities of irrigated agriculture on user, as link, which many factors, influencing on organization and management of irrigation and efficiency in the whole, depend on.

**Key words:** agrarian sector of economy, irrigated agriculture, water resource, transporting system, user, resources-saving technologies.

## Общие требования для подготовки статей

**Объем статьи**, включая таблицы, рисунки и фотографии не должен превышать 10 страниц.

**Шрифт.** Нормальный Times New Roman (TNR), размер шрифта – 10 пт одинарный интервал; интервал шрифта – обычный (без растяжения или уплотнения). Варианты шрифта в тексте статьи: типа *курсива* или жирного шрифта *допускаются*, подчеркивание слов и предложений *не допускаются*.

**Оформление статьи.** Параметры страницы: верхнее – 2,5 см, нижнее – 2,5см, левое-2,5см, правое-2см. Оформление в две колонки: ширина колонки – 7,32 см, промежуток – 0,5 см.

**Таблицы.** Таблица озаглавляется словом Таблица 1 (шрифт – обычный TNR 10 пт, по центру) со следующим за ним номером с точкой. Далее помещается название таблицы с прописной буквы (не более 3-х строк), без заключительной точки. Размер таблиц и рисунков не должен превышать размер В5 (12,5 x 19,5 см). Шрифт заголовков столбцов и строк, содержания таблицы – обычный TNR 10 пунктов. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

**Рисунки и графики.** Рисунки и графики озаглавливаются словом Рис.1 (шрифт – обычный TNR 10 пунктов) со следующим за ним номером с точкой. Рисунки выполняются в графических редакторах, совместимых с Word и размещаются по тексту. Под рисунком помещается подпись. Короткая подпись центрируется, а если длинная – форматируется с абзацем первой строки. Качество рисунков и графиков должно обеспечивать прочтение и тиражирование. Рисунки и графики нумеруются арабскими цифрами.

**Формулы.** Формулы набираются в редакторе формул Equation или Math Type. Использовать для набора формул графические объекты, кадры и таблицы *запрещается*. Формула располагается по центру строки, номер формулы (в круглых скобках, TNR 11 пт) – по правому краю страницы, от окружающего текста отделяется пустыми строками. Формульное окно принудительно растягивать или сжимать нельзя. Применение единиц измерений в международной системе СИ – *обязательно*.

### Обязательный порядок статьи.

**Название статьи** шрифт TNR 12 пт все прописными.

**Имя и фамилия автора(ов)**, шрифт обычный TNR 12 пт.

**Место работы авторов**, шрифт обычный TNR 9 пт., адрес места работы, e-mail

**Аннотация статьи (Summary)** от 300 до 500 знаков, шрифт обычный TNR 9 пт.

**Ключевые слова (Key words)** до 6 слов, необходимых для поиска или классификатора, шрифт обычный TNR 9 пт.

**Текстовая часть.** Статья должна содержать такие разделы: введение; анализ публикаций, материалов, методов; цель и постановка задачи исследований; основной раздел с результатами и их анализом; выводы, список литературы. Заголовки разделов набираются строчными буквами, шрифт TNR 11 пт, центрируются.