

Министерство образования и науки Украины
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
Выпуск 23

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
Випуск 23

Зарегистрирован 21.11.2005 г. серия КВ.№ 10650 Государственным комитетом информационной политики, телевидения и радиовещания Украины.
Высшей Аттестационной Комиссией Украины включен в перечень научных диссертационных работ на соискание научных степеней доктора и кандидата наук (Постановление Президиума ВАК Украины от 11.10.2000 №1-03/8, перечень №6 - технические науки).

Симферополь
«Национальная академия природоохранного
и курортного строительства»
2008

УДК 69

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»

Збірник включає статті науковців України, у яких висвітлені результати фундаментальних та прикладних наукових досліджень у галузі будівництва та техногенної безпеки.

Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

Ажермачов Г.А., канд. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, (зам. головного редактора), Глухов М.Д., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Закусілов М.О., канд. екон. наук., Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов О.Д., канд. техн. наук, (зам. головного редактора), Панюков Е.Ф., докт. техн. наук, (головний редактор), Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Пчелинцева Т.І., (відповідальний секретар), Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сараєв О.Д., канд. філос. наук, Субботкін Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мін. наук, Трофимцов Ю.А., канд. техн. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук, Шмигальський В.Н., докт. техн. наук, Ячменьова В.М., канд. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання
вченої ради НАПКБ № 4 від 24.04.2008 р.

Адреса редакції: 95006 м. Сімферополь, вул. Павленко, 5,
НАПКБ, корпус 2, к 410, E-Mail: rio@ecopro.crimea.ua.

©Национальна академія
природоохоронного
та курортного будівництва,
2008

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»

Сборник включает статьи ученых Украины, в которых освещены результаты фундаментальных и прикладных научных исследований в области строительства и техногенной безопасности.

Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

Ажермачев Г.А., канд. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н. докт. физ.-мат. наук, (зам. главного редактора), Глухов Н.Д., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Закусилов Н.А., канд. екон. наук, Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Морозов А.Д., канд. техн. наук, (зам. главного редактора), Панюков Э.Ф., докт. техн. наук, (главный редактор), Саломатин В.Н., докт. геол.-мин. наук, Пчелинцева Т.И., (ответственный секретарь), Сапронова З.Д., канд. геол.-мин. наук, Сараев А.Д., канд. филос. наук, Субботкин Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мин. наук, Трофимцов Ю.А., канд. техн. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук, Шмигальский В.Н., докт. техн. наук, Ячменева В.М., канд. екон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания
ученого совета НАПКС № 4 от 24.04.2008 г.

Адрес редакции: 95006 г. Сімферополь, ул. Павленко, 5,
НАПКС, корпус 2, к 410, E-mail: rio@ecopro.crimea.ua.

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства,
2008

Оглавление

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Ажермачев Г. А., Абдурахманов А. З. О снижении сейсмических нагрузок в стальных каркасах многоэтажных зданий.	5
Белавский В.А., Линченко Ю.П., Алексеенко В.Н. Программный комплекс дифференцированной оценки огнестойкости железобетонных конструкций FRED	12
Елькина И.И. Экономическая эффективность применения антенных устройств для мобильной связи.	18
Панюков С. Э. Анализ напряжённо–деформированного состояния каркасных зданий при изменении расчётной сейсмической интенсивности.	22
Сафонов А.А. О типовом массовом жилищном строительстве (история, современное состояние, тенденция и перспективы)	31
Черненко В.И., Снегирёв В.С., Боровиков М.А. Использование теплоизоляционных панелей SIP при малоэтажном строительстве (Технология ЭкоПан)	38

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

Мартынов Н.В. Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты с программным изменением силового воздействия на базе динамических гасителей колебаний плавающего типа	44
Пересыпкин Ю.В. К вопросу о сейсмостойкости малоэтажных зданий из мелкоштучных каменных материалов.	48
Родин С.В., Чеботарева Е.Г. Проектирование двухслойных фундаментов под колонны каркасных зданий.	52
Синцов В.П. , Митрофанов В.А. Особенности проектирования зданий на крутом склоне в сейсмоопасных районах.	57

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

Любомирский Н.В. , Локтионова Т.А. , Бахтин А.С. Математическое моделирование процесса карбонизации известкового теста	59
--	----

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

Акимов Ф.Н., Осипов А.Ф. Технология разработки прочных грунтов скреперными комплектами	69
Смирнов Л.Н. Метод «Шесть сигм» - оценка качества в строительстве	72

Хабрат Н.И., Морозов А.Д. Пути совершенствования конструкций крюковых подвесок одинарных полиспадов	76
---	----

Раздел 5. Техногенная безопасность

Тимченко З.В. Определение гидрологических характеристик стока рек восточной части Южного берега Крыма при отсутствии гидрометрических наблюдений	83
Фокина Н. А. Рекреационная деятельность и абразионные процессы	88
Чабан В.В. Особенности формирования Сакского соленого озера под воздействием природных и техногенных факторов.	93

Раздел 6. Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация, теплоснабжение и энергетика

Анисимов С.Н. Глухов Н.Д. Климова А.Д. , Маркин А.В. Особенности расчета конвективных испарительных поверхностей нагрева парогенераторов.	98
Баласанян Г.А. Оптимизация режимов нагрузок интегрированной системы энергоснабжения на базе когенерационных технологий и геотермального источника тепла	102
Бойчук С.Д., Мякішев В.О., Якимчук Б.Н., Гіроль А.М. Новий спосіб оброблення та раціонального використання забруднених стічних водопровідних станцій	110
Борисенко К.И. Особенности формирования теплового режима зданий современными системами отопления	116
Боровский Б.И. Построение математической модели для температуры продуктов сгорания природного газа на выходе топки отопительно-варочной печи с использованием теории размерностей и корреляционно-регрессионного анализа	118
Дворецкий А.Т., Казьмина А.И. Выбор и систематизация энергетических параметров энергоэффективности жилых зданий.	121
Зайцев О.Н., Мунтян Е.Ю. Гидродинамические особенности процессов в нагревательных приборах систем отопления	128
Химич А.П., Новикова Д.В., Пасечник А.П., Козлов О. М. Исследование теплофизических характеристик гелиопрофиля «ТЕПС»	131

Раздел 1. Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 624.016:624.042.7.

Ажермачев Г. А., к.т.н., профессор; Абдурахманов А. З., магистр
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О снижении сейсмических нагрузок в стальных каркасах многоэтажных зданий.

Рассмотрены наиболее эффективные схемы связевых и рамных стальных каркасов многоэтажных сейсмостойких зданий. Показаны пути создания конструктивных схем с требуемой горизонтальной жесткостью. Предложены возможные пути повышения сейсмостойкости стальных каркасов многоэтажных зданий.

Многоэтажные здания, стальной каркас, сейсмостойкость, связи, жесткость, деформации, ростверк, прочность, устойчивость, сейсмопоглотители.

В практике строительства сейсмостойких многоэтажных зданий наибольшее распространение получили связевые, рамно-связевые и рамные стальные каркасы.

Связевые и рамно-связевые стальные каркасы многоэтажных сейсмостойких зданий, как правило, экономичней рамных, поэтому им следует отдавать предпочтение, если это возможно по архитектурно-планировочным соображениям.

В связевом каркасе рабочие функции распределяются между элементами следующим образом. Колонны работают на сжатие с малыми эксцентриситетами, возникающими от несимметричного приложения нагрузок, от погрешности монтажа и от общего изгиба здания. Перекрытия, кроме основной работы по восприятию вертикальных нагрузок и передачи их колоннам, воспринимают горизонтальные нагрузки и передают их вертикальным связям, а также выполняют функции связей, обеспечивающих общую устойчивость колонн и определяющих их работу с расчетной длиной, равной высоте этажа.

Известно, что связевая схема каркаса позволяет обеспечить высокую степень индустриализации строительства и широкое использование типовых элементов [1]. Рассмотрим наиболее распространенные схемы связевых каркасов многоэтажных сейсмостойких зданий.

1. Главные балки расположены параллельно главной оси здания (Рис. 1а). Перекрытия в виде железобетонных плит, включая второстепенные балки, образуя горизонтальные связи, передают горизонтальные усилия от ветра и сейсмических воздействий на вертикальные связи. Последние могут быть в виде стальных решетчатых конструкций, стен или несущих элементов из железобетона.
2. Главные балки перекрытий расположены в плане перпендикулярно главной оси здания (Рис. 1б), а вертикальные связи как на рис. 1а.
3. Главные балки перекрытий и вертикальные связи располагают в двух направлениях (Рис. 1в).

Все три указанные схемы позволяют освободить от работы балки и колонны, не являющиеся элементами вертикальных связей, при горизонтальных силовых воздействиях. Горизонтальные усилия от сейсмических воздействий и ветра будут воспринимать вертикальные связи. Колонны каркаса воспринимают вертикальную нагрузку, линейно возрастающую от верхних этажей к основанию. Колонна достаточно хорошо закрепляется в уровне каждого перекрытия. Это позволяет достичь следующего:

- лучшей статической эффективности (более четкой расчетной схемы);
- более четкой унификации балок и колонн;
- применения простых и единообразных типов соединений;
- снизить затраты на изготовление и монтаж.

Однако при увеличении длины и ширины здания, а так же в случае несимметричности здания в плане возникают дополнительные проблемы обеспечения сейсмостойкости сооружения. При несовпадении центра масс и центра кручения возникают дополнительные деформации верти-

кальных, и как следствие, горизонтальных конструкций, что может привести к преждевременной потере несущей способности [2]. В таких случаях внутри здания или по его периметру можно реализовать замкнутые системы вертикальных связей (Рис. 2б), которые воспримут крутящие моменты и уменьшат отрицательные влияния их на вертикальные конструкции.

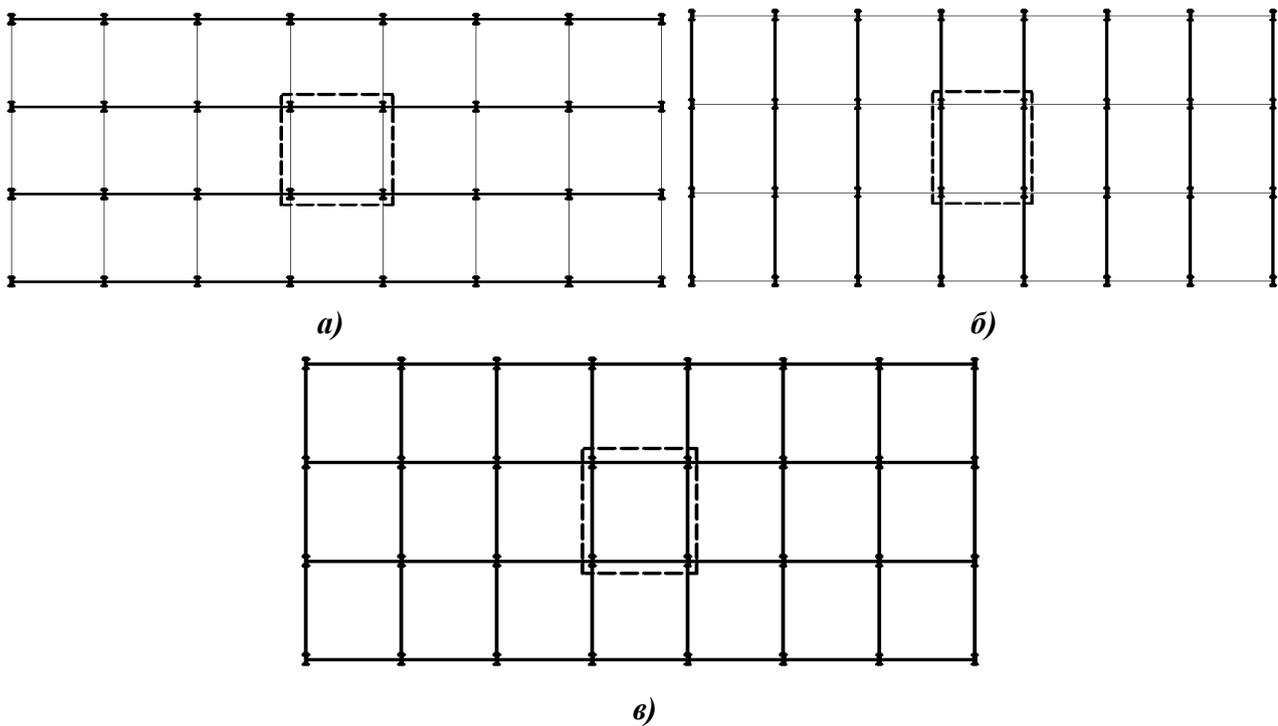


Рис. 1.

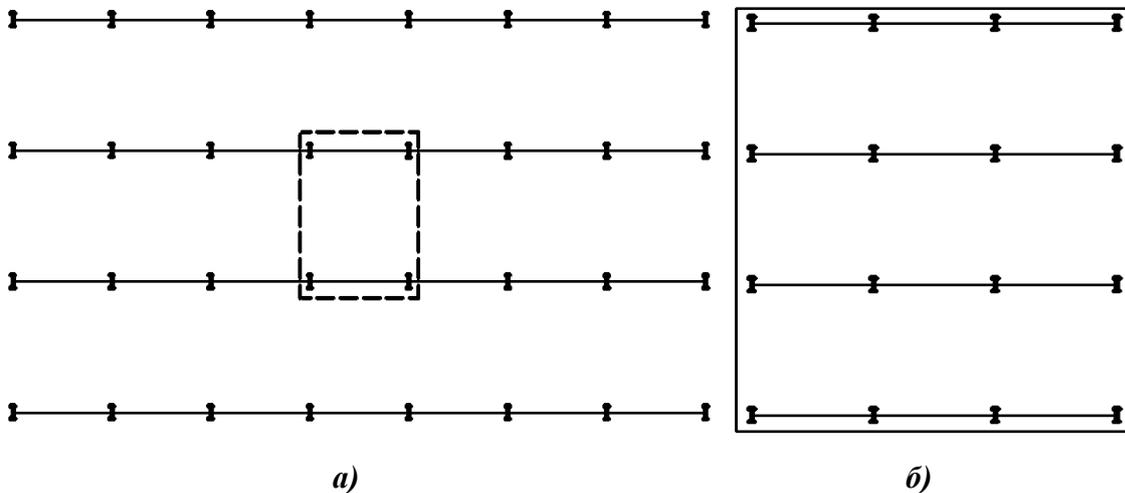


Рис. 2.

Горизонтальную жесткость высоких связевых каркасов можно повысить постановкой вертикальных связей в нескольких панелях, например при постановке связей в трех смежных панелях при одинаковом шаге колонн, мы увеличиваем жесткость связей почти в десять раз (Рис. 3з).

Если возникают проблемы с установкой вертикальных связей в нескольких панелях по ширине здания, то можно использовать схему вертикальных связей с одним или несколькими жесткими горизонтальными ригелями (Рис. 4). Такое конструктивное решение позволяет повысить горизонтальную жесткость каркаса на 20...40% [3]. Впервые такое конструктивное решение было применено при строительстве здания высотой 265м в г. Питсбурге. Особенностью работы элементов связевого каркаса в этом случае является то, что при горизонтальных

нагрузках (сейсмических, ветровых) в работу включаются не только колонны, входящие в состав вертикальных связей, но и смежные колонны, которые благодаря жестким ростверкам, воспринимают на себя дополнительные усилия сжатия или растяжения (Рис. 4 б, в).

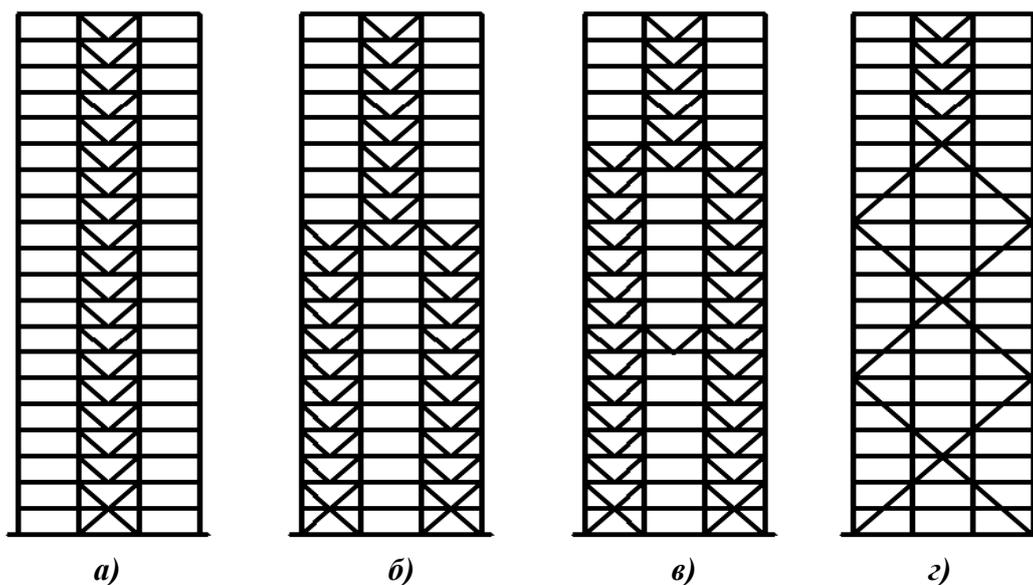


Рис. 3.

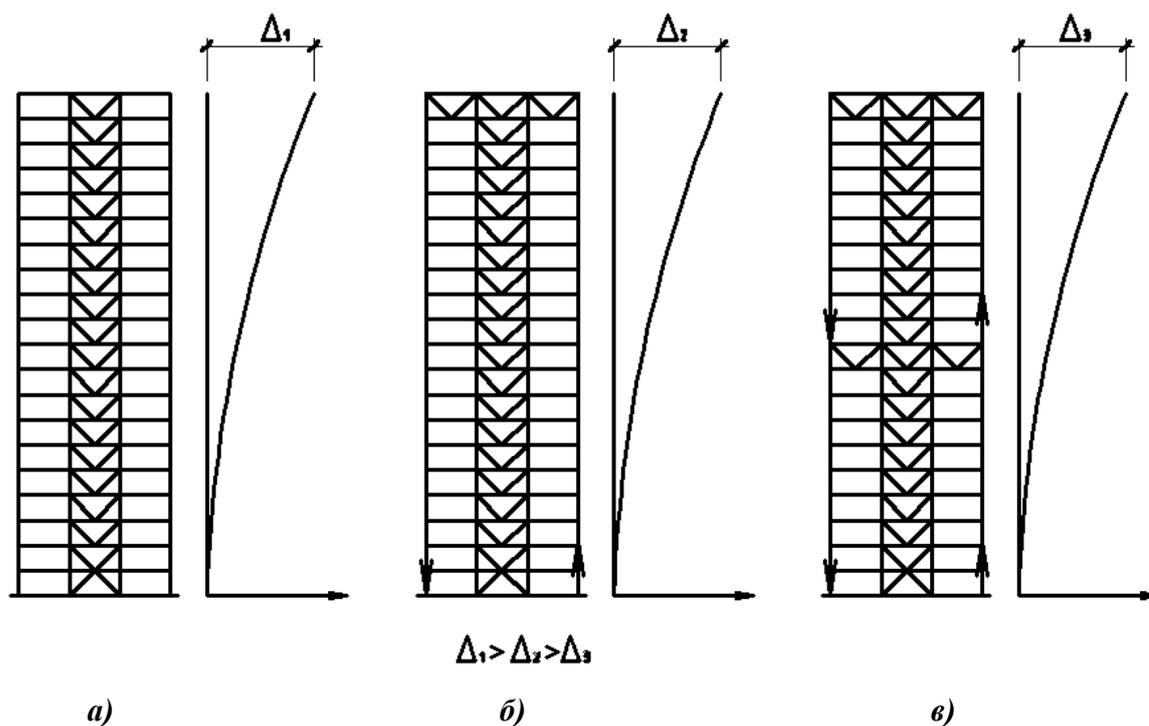


Рис. 4.

В расчетном отношении большинство связевых каркасов можно представить в виде консольного стержня, нагруженного вертикальными и горизонтальными нагрузками.

Для районов с сейсмичностью 8, 9 и более баллов, по нашему мнению, в конструкциях многоэтажных каркасов необходимо использовать кинематические устройства для снижения сейсмических нагрузок. Устройства могут быть в виде сейсмопоглотителей, или в виде специальных конструктивных решений, обеспечивающих упруго-пластическую работу элементов при заданной интенсивности сейсмических нагрузок.

Сейсмопоглотители установленные в каркас здания позволяют без больших затрат повысить диссипативные свойства стальных каркасов и снизить сейсмические нагрузки (рис.5) [4].

Из большого многообразия энергопоглощающих устройств, предложенных для сейсмостойких зданий для широкого применения в практике сейсмостойкого строительства наиболее реально использовать упругопластические, в которых поглощение энергии колебаний каркаса происходит за счет пластического деформирования стали. Такие энергопоглотители отличаются простотой конструктивных решений, надежностью работы и высокой энергопоглощающей способностью.

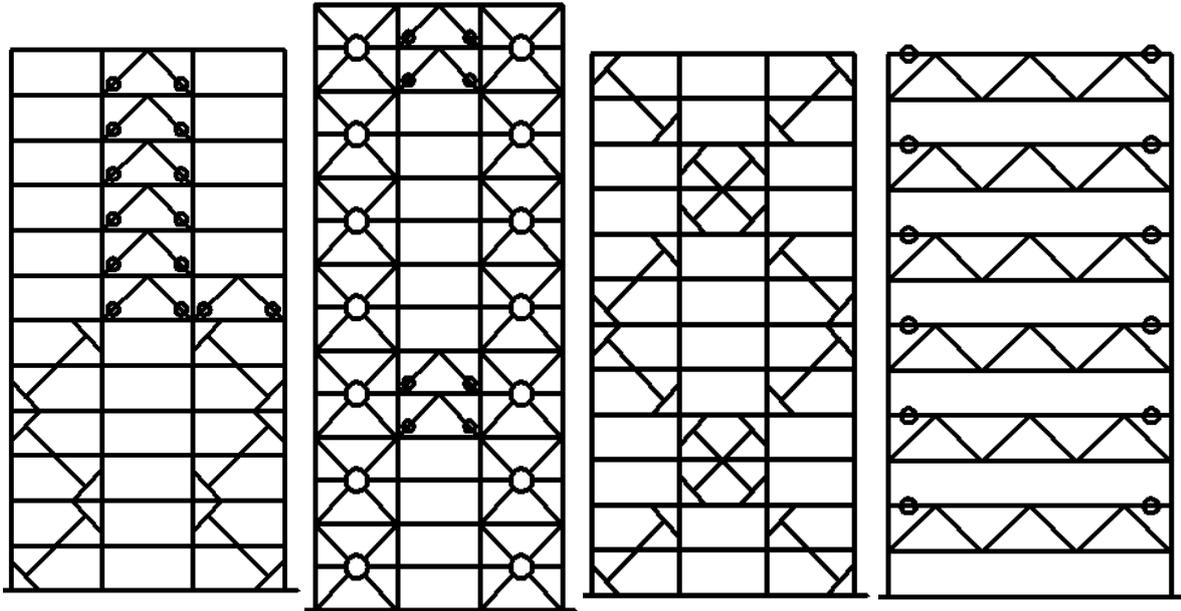


Рис. 5.

Использование пластических свойств стали для поглощения энергии сейсмических воздействий позволяет без больших дополнительных затрат надежно защитить несущие конструкции зданий от разрушения. Вышедшие из строя энергопоглотители легко заменяются после землетрясения новыми, что позволяет полностью восстановить первоначальную сейсмостойкость каркаса.

Наиболее простое конструктивное решение имеют упругопластические энергопоглотители, работающие на изгиб-сдвиг, которые устанавливаются в систему вертикальных связей по колоннам. Первые такие энергопоглотители были предложены Л. А. Бородиным в виде решетки из круглых стальных стержней и прямоугольной рамки [5].

Энергопоглотители бывают нескольких видов: стержневые, кольцевые, трубчатые, балочные, сдвиговые. (Рис. 6).

Рассмотрим кольцевой энергопоглотитель, как наиболее простой в изготовлении и хорошо работающий в пластической стадии на знакопеременные малоцикловые нагрузки.

Энергопоглотитель в виде кольца двутаврового сечения рекомендуется устанавливать в крестовых связях, работающих на растяжение и сжатие. Для повышения энергопоглощающей способности кольца его пояса делают разного сечения, что обеспечивает одновременное развитие в них пластических деформаций, а стенка выполняется из гофрированной стали [6]. При большой длине раскосов крестовых связей целесообразно устанавливать бикольцевой энергопоглотитель, выполненный из отрезков круглых труб. Конструкция узловых креплений обеспечивает работу крестовых связей только на растяжение, что выгодно при большой их гибкости [7]. Варьируя параметрами колец, можно обеспечить одновременную их работу в пластической стадии, а при необходимости — только одного из них.

Расчетная схема поперечной рамы каркаса с кольцевым энергопоглотителем показана на рис. 7. Предполагается, что рама работает упруго, а включенные в связи энергопоглотители — в упругопластической стадии. По приближенным формулам определяют период основного

тона колебаний рамно-связевой системы, далее находят горизонтальные сейсмические нагрузки. Приняв жесткость рамного элемента равной 0,2-0,3 от общей жесткости системы, вычисляют сейсмические нагрузки, воспринимаемые рамой и связями. Вертикальные нагрузки воспринимаются только рамой каркаса, расчет которой производится по обычной методике. Разделение горизонтальных сейсмических нагрузок позволяет определить сечения элементов рамы, связей и энергопоглотителей, после чего легко находится фактическая жесткость всей системы и рамы.

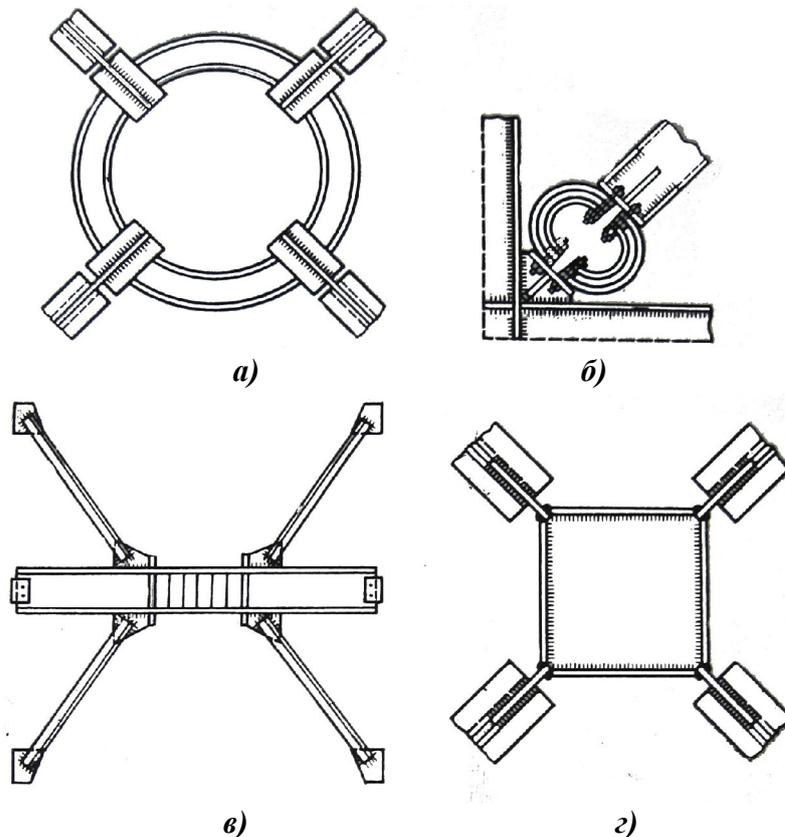


Рис. 6. Энергопоглотители: а – кольцевой, б – трубчатый, в – балочный, г – сдвиговый

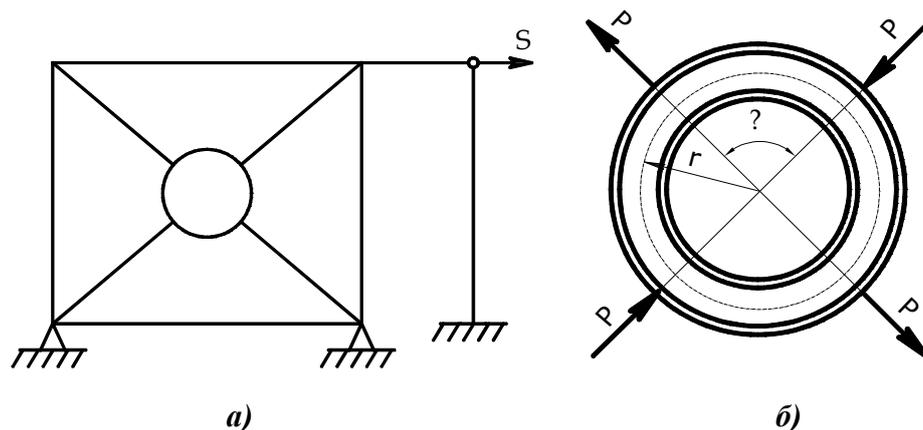


Рис.7. Кольцевой энергопоглотитель (ЭПК): а - расчетная схема кольца; б - расчетная схема панели с ЭПК.

Для рамных каркасов энергопоглотители удобно располагать в местах закрепления колонн к фундаменту (Рис. 8.) В зоне закрепления колонны к фундаменту у колонны устраивают консоли [8]. Эффективность работы консолей будет значительно выше, если мы выполним ее сечение по эпюре моментов. В этом случае пластические деформации будут наблюдаться на большей длине консоли. А энергоемкость консоли можно повысить, если стенку ее сделать из гофрированного листа.

а)

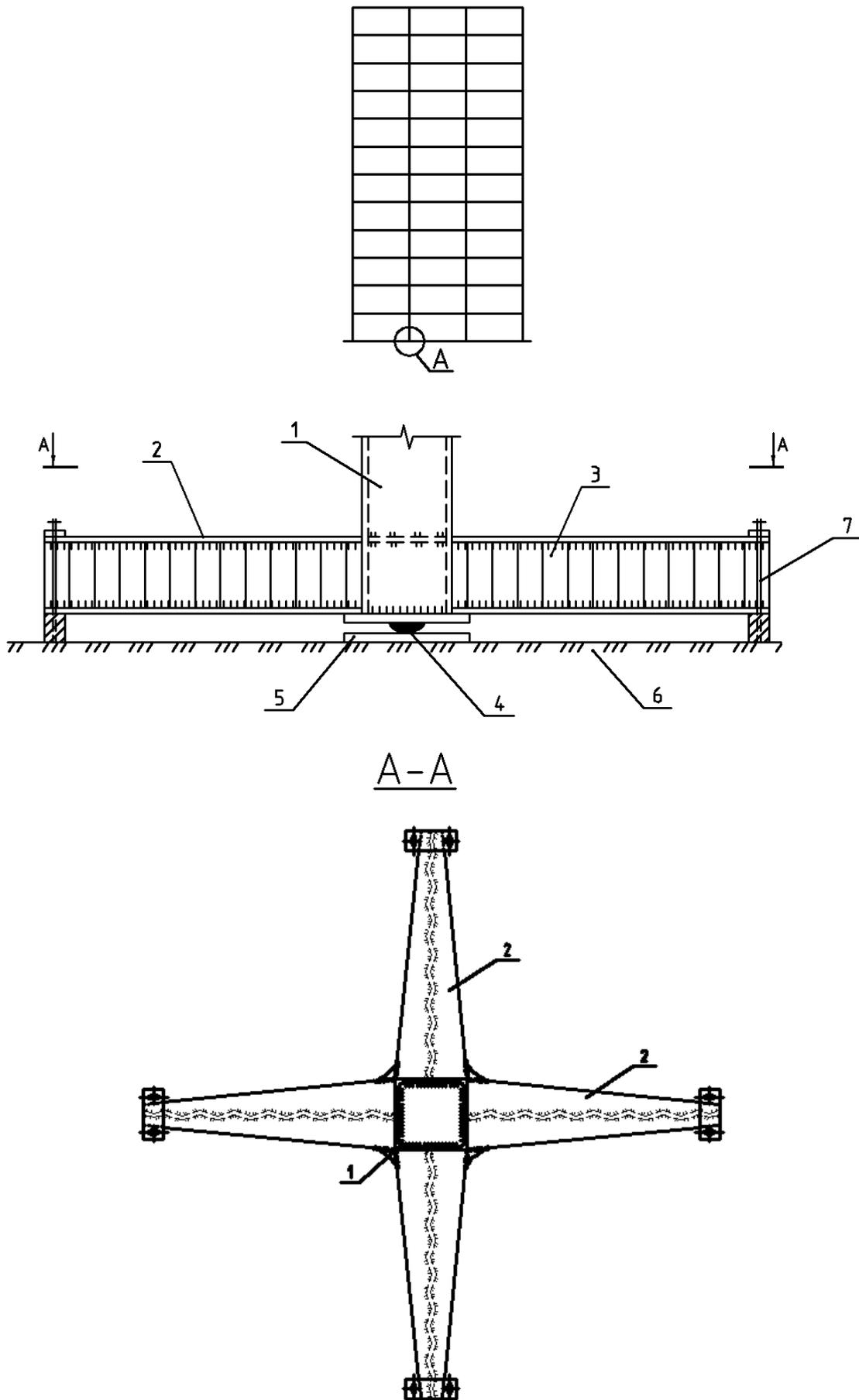


Рис.8. Соединение колонны с фундаментом; 1 колонна; 2 – консоль; 3 - стенка; 4 - центрирующая планка; 5 - опорная плита; 6 - фундамент; 7 – анкерный болт.

ВЫВОДЫ

1. Применение рациональных схем расстановки вертикальных связей позволяет снизить расход стали на каркас здания, повысить его эксплуатационные характеристики.
2. Предусмотрение в системах связевых и рамных парных сейсмопоглоателей снижает сейсмические воздействия на здания и повышает их сейсмостойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажермачев Г. А. О некоторых особенностях проектирования стальных многоэтажных сейсмостойких связевых каркасов. Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов. КАПКС. Вып. 7. Симферополь, 2002, с. 8-10.
2. Ажермачев Г. А. Дополнительные сейсмические силы на колонны рамных каркасов зданий при крутильных колебаниях. Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов. НАПКС. Вып. 19-20. Симферополь, 2007, с. 13-16.
3. Многоэтажные здания. Сборник докладов 1-го международного симпозиума. Москва. 1972, 175 с.
4. Остриков Г. М., Максимов Ю. С. Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий. – Алма-Ата: Казахстан, 1985. – 120 с.
5. Авторское свидетельство №562630, кл. Е 04 Н 9/02, Е 04 В 1/24, 1977.
6. Авторское свидетельство №754005, кл. Е 04 Н 9/02, Е 04 В 1/24, 1980.
7. Авторское свидетельство №802482, кл. Е 04 Н 9/02, 1981.
8. Авторское свидетельство №672304, кл. Е 04 В 1/38, 1979.

Белавский В.А., инженер, Линченко Ю.П., к.т.н., профессор, Алексеенко В.Н., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Программный комплекс дифференцированной оценки огнестойкости железобетонных конструкций FRED

Представлено описание работы программного комплекса, выполняющего дифференцированную оценку огнестойкости железобетонных конструкций.

огнестойкость, железобетон, режимы пожара

Существующий метод испытания и расчета огнестойкости основан на использовании стандартного температурного режима пожара. Этот метод был разработан в условиях недостатка системной информации о пожарах и отсутствии средств автоматизированного проектирования. В настоящее время накоплен обширный материал о пожарных нагрузках и реальных пожарах в жилых и общественных зданиях, о свойствах материалов и методах расчета прочности конструкций, что дает возможность перейти к оценке огнестойкости с учетом их ответственности в несущей системе здания.

Программный комплекс FRED позволяет провести дифференцированную оценку огнестойкости по следующим факторам: требования к надежности зданий и отдельных конструкций, тепловой потенциал в помещениях, условия вентиляции при пожаре, условия обогрева и материалы конструкций.

Расчет температурного режима пожара в здании, помещении конкретного назначения производится на основе нормированного теплового потенциала. Программный комплекс использует базу данных тепловых потенциалов для более чем 500 жилых, общественных и производственных зданий и помещений различного назначения. При расчете учитывается также проемность и материал ограждений.

Задача расчета температурного режима решалась различными научно-исследовательскими группами разных стран. Результаты этих исследований подробно проанализированы в работе [1].

Для постановки задачи расчета температур реальных пожаров, применительно к дифференцированной оценке огнестойкости строительных конструкций, приняты следующие принципиальные положения.

1. Резкое снижение несущей способности строительных конструкций, глобальные повреждения элементов зданий и сооружений наступают с полным охватом помещения пламенем.
2. На этом этапе пожара внешние поверхности всех возгораемых предметов охвачены огнем, интенсивность тепловыделения нарастает, температура в помещении достигает 900-1100 °С.
3. Высокие температуры держатся до уменьшения интенсивности образования воспламеняемых летучих продуктов, истощения горючих веществ. Это определяется комплексом и фактическими характеристиками пожарной нагрузки, характеристиками помещений.
4. Средние температуры на этапе пожара предшествующем полному охвату пламенем небольшие. Этим этапом в расчетах температур пожара для дифференцированной оценки огнестойкости строительных конструкций целесообразно пренебречь.
5. В расчетах температур пожара $t=0$ целесообразно относить к началу полностью развитого пожара.

Одна из первых работ по математическому изучению процесса полностью развитого пожара была выполнена в Японии, данные которой опубликованы Кавагое [1]. Были проведены полномасштабные испытания горения штабельных дров в помещении. Однако необходимо отметить, что исследованный критерий различия режимов пожара (регулируемые горючим или вентиляцией) основан на данных пожара штабелей древесины в закрытых помещениях, и применение его к реальным пожарам весьма сомнительно.

Несколько шведских научно-исследовательских групп сосредоточили свое внимание на разработке методов расчета вероятных температурных режимов потенциального пожара помещения на основе решения уравнения теплового баланса [1].

Из уравнения теплового баланса изолированного помещения в стадии полного развития пожара, величина интенсивности тепловыделения, обусловленная сгоранием определяется по формуле

$$q_C = q_L + q_W + q_R + q_B \quad (1)$$

где q_L - интенсивность теплоотвода, обусловленная сменой горячих газов холодными, рис. 1; q_W - интенсивность теплоотвода в стены, потолок и пол; q_R - интенсивность лучевого теплоотвода через проемы; q_B - интенсивность теплонакопления в объеме газа (пренебрегаемая величина).

Для упрощения модели введены следующие допущения:

1. В границах помещения происходит полное сгорание.
2. Во все моменты времени температура внутри помещения распределена равномерно.
3. Для всей внутренней поверхности помещения может быть использован единый коэффициент теплоотдачи.
4. Тепловой поток, пересекающий границы помещения, принимается одномерным, т.е. углами и кромками можно пренебречь, границы принимаются в виде бесконечных пластин.

Температура внутри помещения определяется нахождением всех членов уравнения теплового баланса и вычисляется с помощью численного интегрирования.

Реализация сбора и ввода исходных данных для расчета по такому методу требует обширных предварительных расчетов и подготовительных работ.

Значения параметров температуры огневой среды в зависимости от пожарной нагрузки и параметров вентиляции, вычисленные по предлагаемой методике, дискретно представлены в табличной форме [1]. Использование их в качестве базы данных, несомненно облегчает работу, однако ввиду большой дискретности и малого диапазона значений это представляется нецелесообразным.

Наиболее удачным, для решения задач расчета вероятных температурных режимов потенциального пожара помещения, является использование выражения, основанного на анализе проведенных японскими и шведскими исследователями работ. Ряд кривых зависимости температуры от времени, рассчитанных в работе японских ученых, могли быть использованы в качестве приближения для наиболее опасного пожара, который может по всей вероятности произойти в конкретном помещении с конкретной пожарной нагрузкой. Основные положения методики расчета приведены в работе [1] и опубликованы в 1974 г под авторством Ли.

Коэффициент проемности задается в виде:

$$F = \frac{A_w \cdot H^{\frac{1}{2}}}{A_t}, \text{ м}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Промежуточные коэффициенты

$$N = 250 \cdot (10 \cdot F)^{\frac{F \cdot 0,1}{0,3}} \quad (3)$$

$$P = \exp(-F^2 \cdot t) \quad (4)$$

$$R = 1 - \exp(-0,6 \cdot t) \quad (5)$$

$$Q = 1 - \exp(-3 \cdot t) \quad (6)$$

$$Z = 1 - \exp(-12 \cdot t) \quad (7)$$

$$Y = C \cdot \left(\frac{600}{F} \right)^{0,5} \quad (8)$$

где $C = 0$ для тяжелых материалов ограждения $\rho \geq 16 \text{ кН/м}^3$.

$C = 1$ для легких материалов ограждения $\rho < 16 \text{ кН/м}^3$.

Зависимость температуры от времени определяется выражением

$$T_g = N \cdot P \cdot (3R - Q + 4Z) + Y; \quad (9)$$

Выражение (9) ограничивается следующими пределами:

$$t \leq \frac{0.008}{F} + 1 \quad (10)$$

$$0,01 \leq F < 0,15 \quad (11)$$

При $t > (0.008/F) + 1$ и (или) $F > 0.15$ значения T_g , соответствующие $t = 0.008/F$ и (или) $F = 0.15$ следует принять на весь период времени вплоть до момента полного израсходования горючего.

где t - время после наступления полного охвата помещения пламенем.

Длительность пожара задается выражением

$$\tau = \frac{M_f'' \cdot A_t}{330 \cdot A_w \cdot H^{1/2}} = \frac{M_f''}{330 \cdot F} \quad (12)$$

где M_f'' - пожарная нагрузка, приходящаяся на единицу площади поверхности («древесный эквивалент»), кДж/м^2 .

При $t > \tau$

$$T_g = -600 \cdot \left(\frac{t}{\tau} - 1 \right) + T_\tau \quad (13)$$

где $T_\tau = T_g(\tau)$

Эта модель позволяет достаточно точно и очень просто описать приближенную картину развития реального пожара в помещении.

В таблице 1 представлен перечень исходных данных.

Таблица 1.

№ п/п	Обозначение	Ед. измерения	Наименование
1	A_w	м^2	Площадь вентиляционных проемов
2	A_t	м^2	Площадь стен и потолка помещения
3	H	м	Высота проемов
4	t	ч	Время после полного охвата пламенем
5	M_f''	МДж/м^2	Пожарная нагрузка в древесном эквиваленте

На рис. 1. представлен алгоритм расчета по методике расчета развития реального пожара в помещении [1]. На рис. 2...4 представлены основные панели программного комплекса для определения характеристик необходимых для расчета температурного режима пожара в помещении.

На рис. 5 представлены графики расчета температуры по кривой реального пожара с пожар-

ной нагрузкой 80 МДж/м² и коэффициентом проемности $F = 0.08 \text{ м}^{1/2}$ и по стандартному температурному режиму пожара.

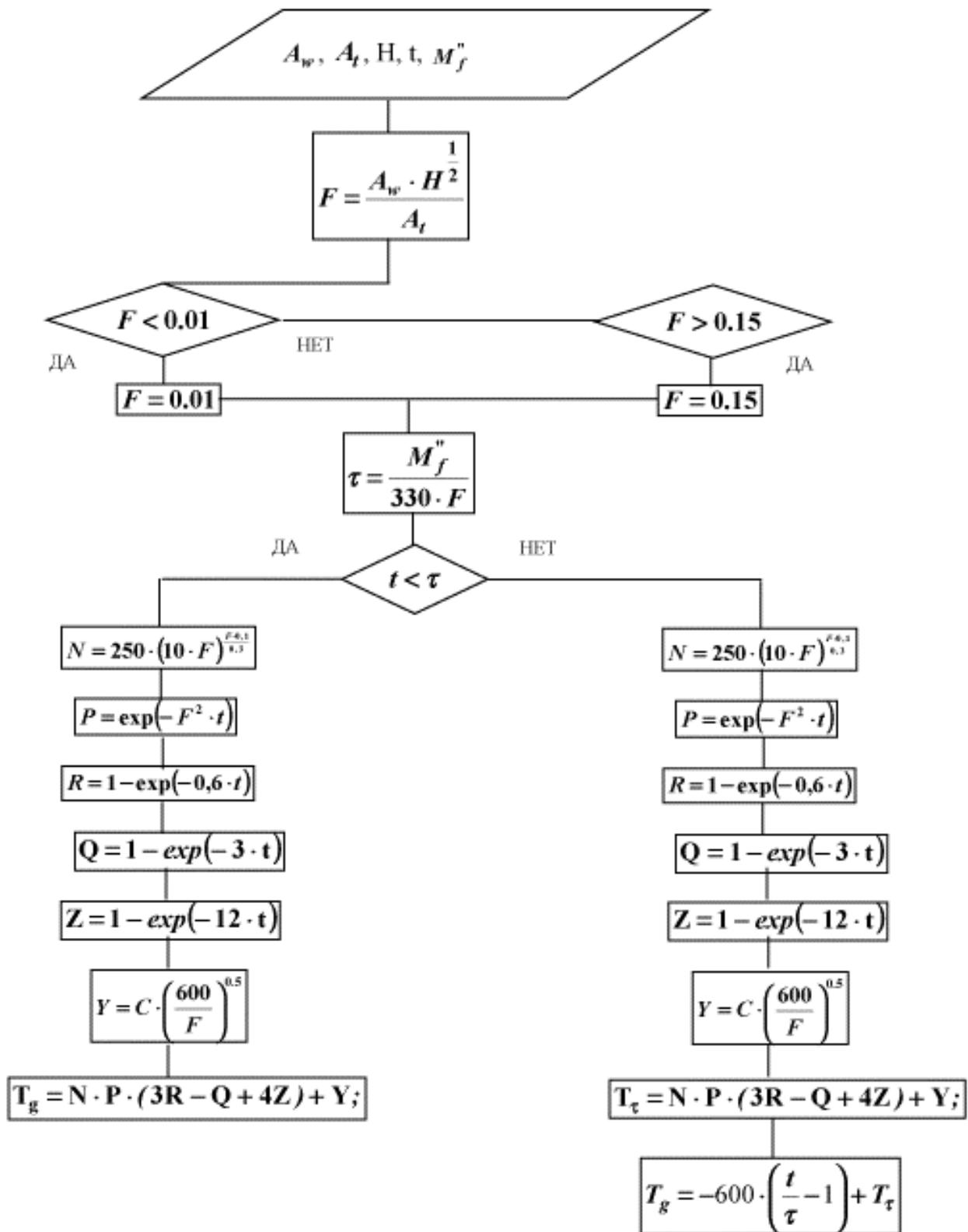


Рис. 1. Алгоритм расчета температуры в помещении при реальном температурном режиме пожара

Вид объекта

Вид объекта: Жилые и общественные Тема: Объекты жилья и обществ. организац

Гостиница (до 100 мест)	80
Гостиница (свыше 100 мест)	80
Приют для престарелых	80
Молодежное общежитие	80
Школа	60
Больница	80
Кабинет врача	40
Зубоврачебный кабинет	40
Рентгеновская лаборатория	40
Зубоврачебная лаборатория	60

Текущие характеристики объекта

Вид объекта: Жилые и общественные Тема: Объекты жилья и обществ. организации

Объект: Квартира 80 МДж/м²

Помощь Отмена Ок

Рис.2. Панель ПК FRED с характеристиками теплового потенциала для производства пищевых жиров

Выбор коэффициента учета теплопроводности ограждения

- Тяжелый бетон
- Легкий бетон
- Тяжелый бетон (50%)-легкий бетон (50%)
- Тяжелый бетон (75%)-легкий бетон (25%)
- Тяж.бет.(33%)-лег.бет.(50%)-двухсл. гипс. пан. с возд прос.(17%)
- Тяжелый бетон (20%)-двухслойная гипсовая панель (80%)
- Стальной лист-минеральная вата -стальной лист
- Незащищенный стальной лист (80%) и тяжелый бетон (20%)

Текущие характеристики

Вид ограждения: Легкий бетон 1.0000 Вт/(м К)

Рис.3. Панель ПК FRED с значениями коэффициента учета теплопроводности ограждения

Геометрические размеры помещения

Характеристики помещения

Длина: 8 Ширина: 5 Высота: 3

Вертикальные проемы.	Горизонтальные проемы.	Редактирование БД.
Высота: 2	Длина: 0	Добавить
Ширина: 2	Ширина: 0	
Количество: 2	Количество: 0	

Вертикальные проемы.			Горизонтальные проемы.		
Высота	Ширина	Количество	Длина	Ширина	Количество
2	2	2	0	0	0

Помощь Отмена Ок

Рис.4. Панель ПК FRED для задания геометрических размеров помещения с учетом имеющихся проемов

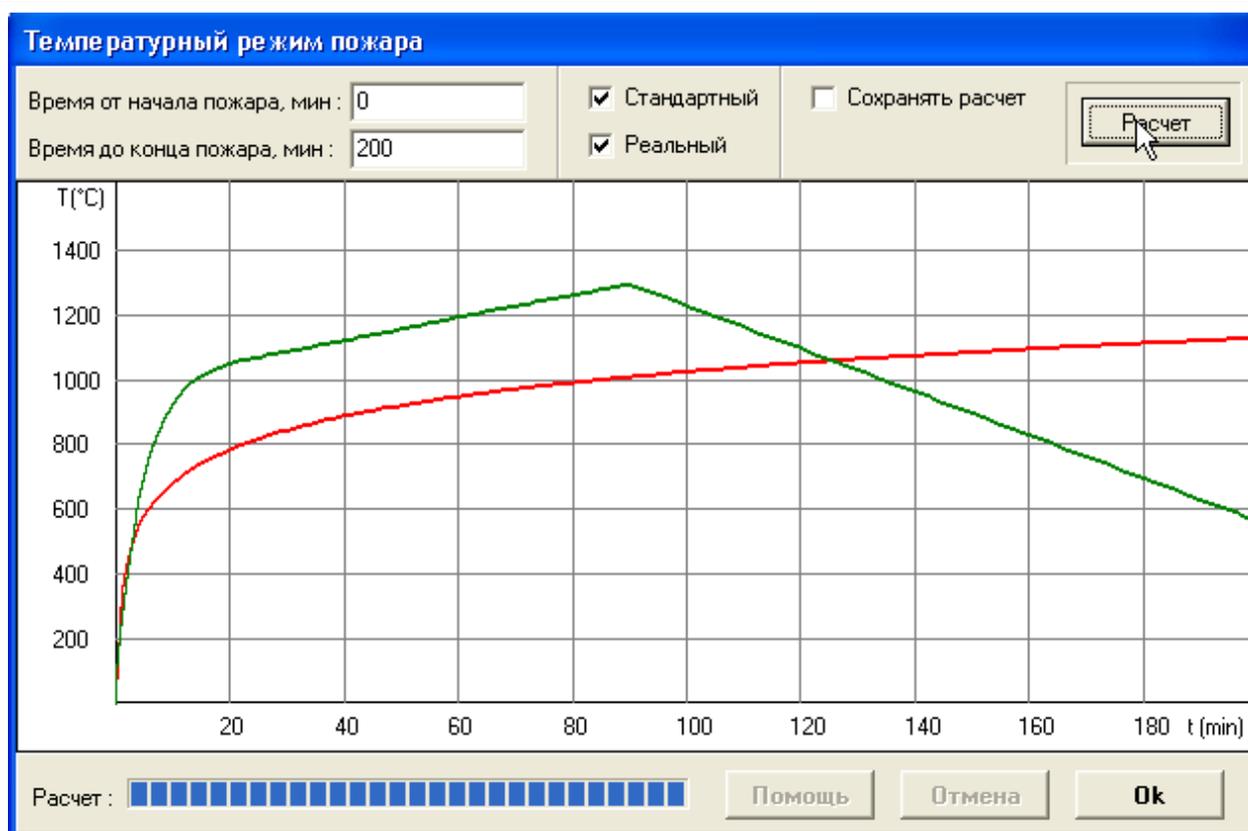


Рис. 5. Графики результатов расчета температуры по кривой реального пожара и по стандартному температурному режиму пожара пожарная нагрузка составляет 80 МДж/м^2 , коэффициент проема $0,08 \text{ м}^{\frac{1}{2}}$.

ВЫВОДЫ

Помимо расчета температурного режима пожара в здании в программном комплексе FRED отдельный программный модуль производит расчет температурных полей в сечении конструкции с учетом различных форм поперечного сечения и условий обогрева граней. На основе результатов расчета температурных полей производится расчет изгибаемых железобетонных элементов, при огневом воздействии и после него. Расчетные значения механических свойств материалов принимают с учетом его температуры, а расчет прочности изгибаемых железобетонных конструкций выполняется с использованием аналитических зависимостей $\sigma_b - \varepsilon_b$ [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартелеми Б., Крюппа Ж. Огнестойкость строительных конструкций / Пер. с франц. М.В. Предтеченского; Под ред. В. В. Жукова. - М.: Стройиздат, 1985. - 216 с.
2. Белавский В.А. Расчет прочности изгибаемых железобетонных конструкций при пожаре с использованием аналитических зависимостей $\sigma_{bte} - \varepsilon_{bte}$ // Строительство и техногенная безопасность/ Сб. науч. трудов КАПКС. вып. 7 — Симферополь: Крымская академия природоохранного и курортного строительства, 2002г. -306с.: ил., с. 23 - 26.

Елькина И.И., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Экономическая эффективность применения антенных устройств для мобильной связи.

Предложена сравнительная характеристика экономической эффективности установки трех основных типов антенных устройств для мобильной связи и определен наиболее оптимальный вариант.

Башня, мачта, трубостойка, антенна, мобильная связь.

Бурное развитие рынка телекоммуникационных услуг и уверенная динамика стандартов мобильной связи обуславливают повышение темпов развития инфраструктуры сетей операторов мобильной связи. При этом возникает потребность в большом количестве базовых станций (БС). Для размещения антенн БС операторы связи чаще используют собственные антенно-мачтовые сооружения (АМС).

Требования к любым видам металлических конструкций, заключающиеся в наиболее полном удовлетворении условиям технологии и эксплуатации с учетом модернизации оборудования, сохранения надлежащей прочности при наименьшем расходе материалов и средств на капитальные затраты и нужды эксплуатации, справедливы и должны удовлетворяться при создании металлических конструкций антенных устройств.

Специфическими требованиями к металлическим конструкциям антенных устройств, являются [1, стр.45]:

- 1) создание конструктивных форм, при которых метеорологические, гравитационные, инерционные и температурные воздействия минимальны;
- 2) ограничение деформаций (линейных и угловых) конструкций, возникающих в процессе эксплуатации при определенных режимах работы;
- 3) возможности дальнейшей модернизации металлических конструкций, поскольку быстрое развитие науки и техники приводит к соответствующему моральному старению радиотехнических систем;
- 4) необходимость унификации решений различных видов антенных устройств и установление определенного ряда и градаций в соответствии с радиотехническими требованиями, размерами и климатологическими воздействиями;
- 5) разработка конструктивных решений и приспособлений для монтажа, которые позволяют осуществлять скоростной монтаж в сложных условиях работы на большой высоте при возможных метеорологических воздействиях;
- 6) разработка конструкций АМС с наименьшей трудоемкостью и максимальной экономической эффективностью.

Действие сотовой радиотелефонной связи построено на принципе разбивки поверхности земли на отдельные участки — “соты”, в центре которых располагаются антенны базовой станции. Они обеспечивают радиосвязь с мобильными радиотелефонами, находящимися в пределах “соты”. Возможности передаваемой информации зависят от длины волны: чем она короче, тем больше каналов для передачи, что вступает в противоречие с площадью зоны покрытия одной базовой станцией. Антенная техника и экономика строительства базовых станций определили высоты их опор в пределах 40–110 м, при этом наиболее оптимальной оказалась 70-метровая высота.

В настоящее время применяют три основных типа металлических антенно-мачтовых сооружений (АМС): башни как свободностоящие опоры, мачты, ствол которых раскреплен оттяжками, и трубостойки на существующих зданиях и сооружениях. Рассмотрим все эти варианты с точки зрения технико-экономических показателей.

1. Башня высотой 40 м, установленная на открытой местности в Симферопольском районе (рис. 1).

Площадка строительства располагается в следующих климатических условиях:

- нормативное давление ветра для III ветрового района, тип местности А, согласно ДБН В.1.2-2-2006 [2, стр.50];
- нагрузка от оледенения для III района, согласно ДБН В.1.2-2-2006;
- расчетная температура наиболее холодной пятидневки до минус 18 С°, согласно классификации СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» [3, стр.28];
- на башне предусмотрено установить следующее оборудование:
 - 3 антенны GSM на отметке + 40,0 м;
 - 4 антенны РРС на отметке +35,0 м;
- коэффициент надежности по ответственности принят $\gamma_n = 0,95$, что соответствует II уровню строительства по ГОСТ 27750-88.

Фундамент из монолитного железобетона класса В20, марка по морозостойкости F50, по водонепроницаемости W4 под каждым поясом башни, прямоугольным, призматичным, в виде перевернутого гриба. Нижняя плита в фундаменте выполнена двухступенчатой: размер первой ступени в основании фундамента 3800x2400x400 мм, второй – 2300x1500x400 мм. Подколонник высотой 2300 мм в виде трапециевидной призмы с размером 1280x800 мм в нижней части и 800x800 мм – в верхней части.

Пояса башни крепят к фундаменту с помощью закладной детали, которая состоит из трех анкерных болтов. Геометрическая схема башни выполнена в виде решетчатых четырехгранных пирамид с наклоном пояса в плоскости биссектрисы 1/20;

Конструктивные решения башни:

- башня состоит из блоков;
- пояса башни выполнены из труб, решетка из уголков равнополочных различного сечения с крепление элементов на болтах. Заводские стыки элементов выполнены сварными;
- размеры в плане у обреза фундамента 3x3 м, в верхней части 1,6x1,6 м;
- крепление поясов к фундаментам осуществляется с помощью опорных плит и фундаментных шпилек;
- крепление поясов монтажных блоков выполняется на накладках и болтах.

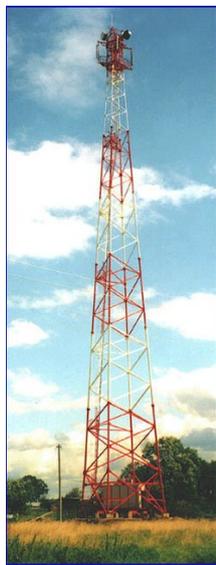


Рис.1 Башня мобильной связи высотой H=40 м; Общий вес башни составляет около 10 т.

Преимуществами башен является:

- Базовый размер опоры (по верхнему обрезу фундамента 3,2 x 3,2 м позволяет устанавливать опору на малой площади застройки, что особенно важно при строительстве в городской черте.
- Поскольку монтаж ведется поэлементно, то исключается необходимость применения мощных подъемных механизмов.
- Возможность размещения до 10 антенн, что обеспечивает большой участок покрытия с высоким качеством обслуживания абонентов.

Однако большое количество элементов усложняет процесс монтажа, обуславливает использование множества крепежных деталей. Кроме того, требуется строительство мощного фундамента, иногда с использованием свай, что приводит к значительному удорожанию стоимости строительства. По сути, башня представляет собой стержень переменного сечения. Для восприятия опрокидывающего момента требуется увеличение ее сечения ближе к основанию, что повышает общую массу и стоимость башни.

Достаточно высокие требования к качеству изготовления широкой номенклатуры монтажных элементов, а также постоянная необходимость восстановления защитных покрытий - все это яв-

ляется недостатками конструкций подобного типа.

2. Мачты с оттяжками обычно применяют на открытой местности, когда нет жестких ограничений в землеотводе или на крышах зданий. Мачты могут быть как сварные, так и сборные.

Рассмотрим мачту высотой 16,85 м, устанавливаемую на крыше здания, что встречается наиболее часто (рис 2).

Площадка строительства условно располагается в тех же климатических условиях, что и рассмотренная выше башня.

- На мачте предусмотрено установить следующее оборудование:
- 3 антенны GSM на отметке + 16,85 м;
- 2 антенны РРС на отметке +15,0 м;
- Коэффициент надежности по ответственности принят $\gamma_n = 0,95$, что соответствует II уровню строительства по ГОСТ 27750-88.

Мачта выполнена в форме треугольной решетчатой призмы с размером ребра основания 400 мм, которая состоит из семи секций, каждая из которых длиной 2400 мм. Мачта поддерживается одним ярусом оттяжек, крепление которых на отметке 14,45 м. Пояса и решетка выполнены из круглой стали. Листовые диафрагмы каждой секции установлены на одном уровне. Монтажные стыки в секциях выполнены на фланцах и болтах, лацменные секции сложены из фланцев, фланцы соединены листом-диафрагмой. Оттяжки выполнены из стальных канатов. Монтаж осуществляется посекционно. Крепление к крыше осуществляется через разгрузочную раму.

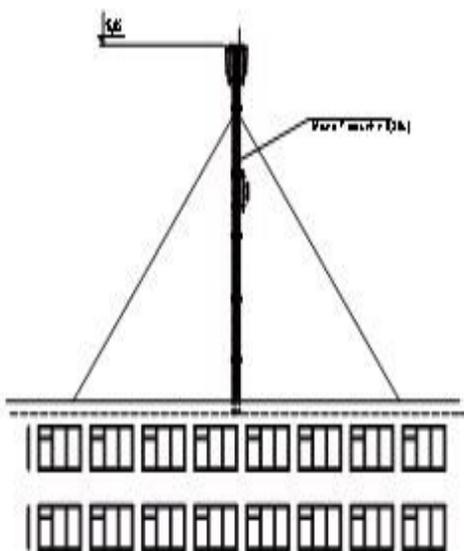


Рис.2 Мачта мобильной связи высотой $H=16,85$ м; Общий вес мачты такого типа составляет порядка 0,5 т.

ответствия проектных натяжений оттяжек при различных температурах и пр.);

- невозможность обеспечить большой вынос РРЛ антенн от ствола мачты из-за скручивания мачты вокруг оси ствола.

3. При развитии систем мобильной связи возможна установка дополнительного оборудования на существующей башне или мачте с перерасчетом несущей способности или установка дополнительных трубостоек на существующих общественных зданиях и сооружениях. Они изготавливаются из труб небольшого диаметра и имеют, как правило небольшую высоту, что обуславливается небольшой несущей способностью и большими ветровыми нагрузками.

К достоинствам данного типа АМС можно отнести простоту монтажа, небольшую трудоемкость, возможность установки практически в любой части тесной городской застройки, относительную дешевизну конструкций по сравнению с металлоемким башнями и мачтами.

Однако все эти преимущества теряются по сравнению с общей экономической эффективностью данного вида конструкций, что обусловлено небольшим количеством обслуживаемых абонентов, что

Мачты имеют следующие преимущества:

- устойчивость при высоких ветровых и сейсмических нагрузках;
- простота монтажа;
- возможность установки невысоких мачт (до 40 м) на крышах зданий;
- значительно меньшие, по сравнению с башнями, металлоемкость и цена;
- технологичность монтажа антенн на протяжении ствола, благодаря параллельности его граней, что позволяет применять типовые кронштейны крепления;
- возможность размещения большого количества антенн на протяжении ствола.

К их недостаткам можно отнести:

- большая площадь земельного участка для крепления оттяжек;
- дополнительные затраты на обслуживание (более частое обслуживание, проверка со-

приводит к необходимости установки большого количества АМС данного типа на территории одной «соты». В целом это приводит к затратам, иногда даже большим, чем установка одной башни.

Однако данный тип АМС используется довольно часто, поскольку не всегда возможно найти земельный участок в тесной городской застройке и вписать его в общую архитектуру города.

Для более точного сравнения технико-экономических данных каждого из представленных типов АМС, сведем все известные данные в таблицу 1.

Таблица 1.

№	Наименование показателя	Башня Н=40 м	Мачта Н=16,85 м	Трубостойки
1	Масса металлоконструкций	10 т	0,5 т	0,05 т
2	Количество отправочных элементов	1625 ед.	478 ед.	10 ед.
3	Трудоемкость изготовления	2564 чел.-ч.	1154 чел.-ч.	48 чел.-ч.
4	Трудоемкость монтажа	3152 чел.-ч.	1419 чел.-ч.	54 чел.-ч.
5	Стоимость изготовления	136 000 грн	9 500 грн.	1 000 грн.
6	Стоимость монтажа	60 000 грн	25 000 грн.	18 000 грн.
7	Минимально возможные сроки монтажа	2 мес.	1,5 мес.	0,5 мес.
8	Минимальные ежегодные затраты при эксплуатации	8000 грн.	6000 грн.	300 грн.
9	Максимальное количество одновременно обслуживаемых абонентов	до 1000 чел.	108 чел.	72 чел.

ВЫВОДЫ.

Таким образом единовременные затраты на одного абонента составляют:

1. для башни около 200 грн;
2. для мачты около 320 грн;
3. для трубостойки около 265 грн;

При этом ежегодные затраты при эксплуатации на одного абонента:

1. для башни около 8 грн;
2. для мачты около 56 грн;
3. для трубостойки около 5 грн;

Следовательно, наиболее выгодным вариантом с точки зрения экономической эффективности является башня, а наиболее невыгодным – мачта. По экономическим показателям трубостойка находится между ними.

Рассматривая же присутствие каждого из типов на территории Крыма, можно отметить, что наиболее часто применяемый тип АМС в черте города – трубостойки на существующих зданиях и сооружениях, поскольку для их расположения не нужен отдельный участок, что весьма весомо в тесной городской застройке. Кроме того данный тип АМС наиболее приемлем с эстетической точки зрения.

В сельских районах наиболее часто применяемым типом АМС являются – башни, как наиболее эффективные и не имеющие недостатков, присущих городской застройке.

Мачты же чаще всего применяются на территории населенных пунктов в тех случаях, когда невозможно добиться необходимой высоты расположения фазовых центров при установке трубостоек на существующих зданиях и сооружениях.

Исходя из этого, при выборе конструкции АМС необходимо учитывать как экономические требования, так и конкретные условия размещения и эксплуатации АМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Соколов А.Г. Металлические конструкции антенных устройств. - М.: Стройиздат, 1971 г.-240 с.
2. ДБН В.1.2-2-2006/. Нагрузки и воздействия. - К.: Минстроя Украины, 2006 г.- 78 с.
3. СНиП 2.01.01-82/. Строительная климатология и геофизика. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1983 г.-38 с.

Панюков С. Э., инженер

Научно-производственное предприятие «Южсейсмострой»

Анализ напряжённо–деформированного состояния каркасных зданий при изменении расчётной сейсмической интенсивности

В результате целенаправленного математического эксперимента с использованием ПК «Лира» определены пути оперативного выбора эффективных конструктивных мероприятий по обеспечению сейсмостойкости при повышении расчётной сейсмической интенсивности с соблюдением требований новых норм в ходе реконструкции 9-, 12- и 16-этажных зданий, возведённых из сборных железобетонных конструкций по серии ИИС-04 в виде рамно-связевых каркасов.

Здания многоэтажные, сейсмостойкость, железобетонные каркасы, сборные конструкции, серия ИИС-04, реконструкция, усиление

В настоящей статье приведены новые результаты, полученные при продолжении работы [1], где обоснована актуальность проблемы, определена цель, выбран объект, сформулированы задачи исследования и приведены первые результаты работы.

Выполненными на ПК «Лира» расчётами получены таблицы РСУ для всех несущих элементов каркасов из сборного железобетона по серии ИИС-04 для 9-ти, 12-ти и 16-ти этажных зданий с планом по рис. 1 при сейсмическом воздействии интенсивностью 7, 8 и 9 баллов.

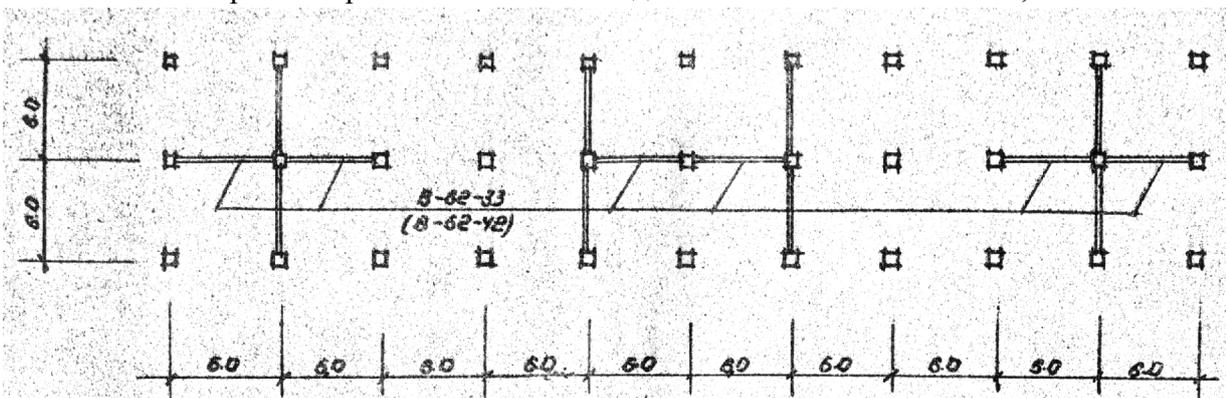


Рис. 1. План вертикальных несущих конструкций 16 этажного здания серии ИИС-04.

Для наиболее ответственных (нагруженных) представителей групп несущих конструкций построены графики изменения всех расчётных усилий в зависимости от расчётной сейсмической интенсивности 7, 8 и 9 баллов и методики расчёта по СНиП II-7-81* [2] и ДБН В.1.1-12:2006 [3] (Рис. 2 – 4). Кроме того, была выполнена численная оценка роста усилий во всех элементах в % (Табл. 1 – 4).

Например, для 16-этажного здания в районах с сейсмичностью 9 баллов при его периоде собственных колебаний 1,5 с расчётное значение $S_{ки}$, по [3] более, чем по [2] в 3,2 раза.

Однако это не значит, что усилия в элементах здания возрастут так же. Многое зависит от назначения элемента, его положения в пространственной системе и вида воспринимаемого усилия. Например, в колоннах среднего ряда расчётное осевое усилие, определённое по [2] и [3] для районов с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов одинаково и равно 458,9 тс, 293,5 тс и 171,9 тс на 1-ом, 5-ом и 9-ом этаже соответственно (см. рис. 2, табл. 1). При общем анализе работы пространственной системы здания это становится очевидным. В то же время, значение расчётной поперечной силы Q в этой же колонне изменяется прямо пропорционально a_0 и, следовательно, $S_{ки}$, в соответствии с сейсмичностью района 7, 8, 9 (см. рис. 3, табл. 1), что вполне объяснимо. Значение Q в 3,4, 3,5 и 2,3 больше по [3], чем по [2], что связано с различным изменением $S_{ки}$ по коэффициенту b . Изменение значения изгибающего момента в этой колонне аналогично изменению значения поперечной силы (см. рис. 4, табл. 1).

Иной характер изменения усилий в крайних колоннах (см. рис. 2, табл. 1). Все усилия в крайних колоннах с повышением сейсмичности района возрастают, но осевое усилие менее интенсивно, так как изменяемая сейсмическим воздействием часть этого усилия в крайних колоннах меньше неизменяемой от постоянных нагрузок. Причём такое изменение наблюдается только при расчёте по [3].

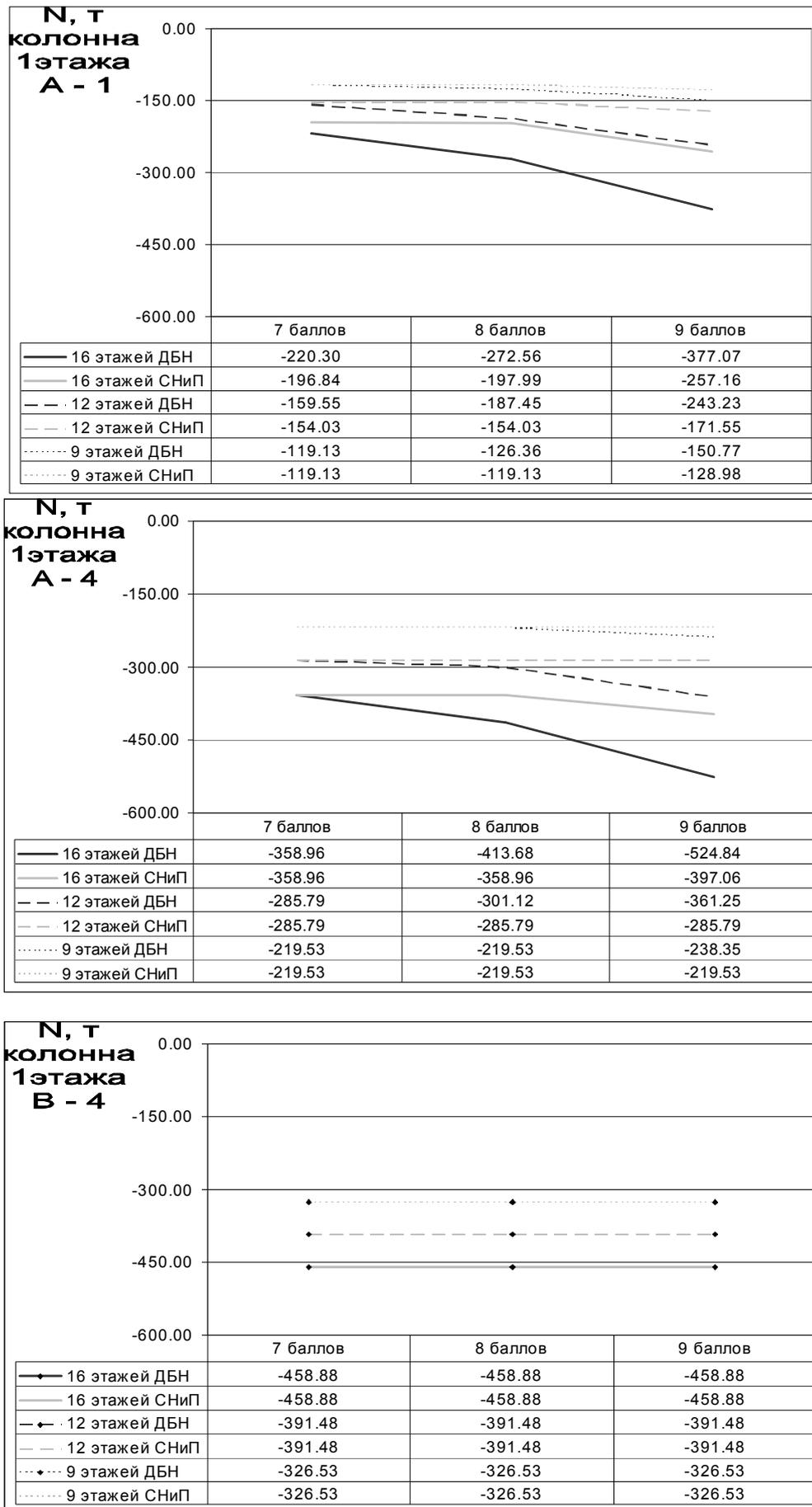


Рис. 2.

При расчёте по [2] расчётные значения осевых усилий при 7 и 8 баллах остаются одинаковыми для всех зданий принятой этажности (9, 12, 16), причём для 9-этажных зданий они не увеличиваются и при 9 баллах. При расчёте по [3] такая картина наблюдается только при 7 и 8 баллах, но для 12-этажных зданий уже при 8 баллах расчётное осевое усилие несколько возрастает (на 7%). Это объясняется следующими обстоятельствами. При расчёте на особые сочетания нагрузок с учётом сейсмических воздействий расчётные значения нагрузок умножают на коэффициенты сочетаний (постоянные для железобетонных конструкций – 0,9, временные длительные – 0,8, кратковременные на перекрытия и покрытия – 0,5). Уменьшение расчётных значений осевых усилий с учётом этих коэффициентов оказывается больше, чем их увеличение от сейсмического воздействия.

Анализ полученных зависимостей $M - N$ показывает, что колонны воспринимают минимальные значения моментов либо при большом значении N , близкой к расчётной несущей способности $> 0,85N_{per}$, либо при очень малых значениях $N < 0,15 N_{per}$. Из этого вытекает, что при расчёте колонн на сейсмические воздействия с учётом коэффициентов сочетаний (постоянные для железобетонных конструкций – 0,9, временные длительные – 0,8, кратковременные на перекрытия и покрытия – 0,5) заведомо будет получена возможность восприятия изгибающего момента с большим значением, чем значение момента при максимальном значении N . Иными словами, несущая способность средних колонн и по изгибающему моменту может оказаться достаточной. Что же касается работы колонн при восприятии поперечной силы, то, к сожалению, неизбежен вывод о том, что возможности колонн в этом случае не изменяются, а значение поперечной силы при сейсмическом воздействии значительно возрастает. Именно этим обстоятельством, по-видимому, можно объяснить то, что многие исследователи считают несущую способность колонн на сдвиг наименьшей по сравнению с несущей способностью при восприятии продольной силы и изгибающего момента, особенно в колоннах первого этажа.

На основании этого можно утверждать, что связевые каркасы надёжнее рамных, а при реконструкции существующих зданий введение в раму связей или других конструктивных элементов, повышающих несущую способность колонн, в первую очередь при восприятии поперечной силы окажется наиболее эффективным конструктивным решением. Наиболее целесообразны в этом случае, по нашему мнению, связи с поглотителями энергии колебаний, выполняемых в виде кольца из прокатного двутавра [4].

Становится очевидным, что колонны среднего ряда практически не нуждаются в усилении при восприятии продольной силы и изгибающего момента, но, вероятнее всего, неизбежно их усиление при восприятии поперечной силы, которая во всех случаях при повышении расчётной сейсмической интенсивности на 1 балл увеличивается в два раза, также как ускорение грунта.

Анализ изменения напряжённо-деформированного состояния колонн крайних рядов показывает, что в них возрастают все действующие усилия N , M и Q . Установлено, что градиент их увеличения с повышением расчётной сейсмической интенсивности возрастает. С одной стороны, это очевидно, поскольку значения всех усилий пропорциональны значению горизонтальной сейсмической нагрузки S_{ki} ; последнее в первую очередь изменяется в зависимости от значения относительного ускорения грунта a_g , которое принимается, как известно, равным 0,1; 0,2 и 0,4 соответственно для районов сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. С другой стороны на уменьшение градиента роста усилий в интервале расчётной сейсмической интенсивности от 7 до 8 баллов влияет то, что расчётные значения усилий при сейсмической интенсивности 7 баллов во многих случаях определяются их значениями при основных сочетаниях нагрузок (см. табл. 1).

Это даёт основание предполагать, что при повышении расчётной сейсмической интенсивности от 7 до 8 баллов для рассматриваемых зданий зачастую усиление может быть не востребовано, либо его объём будет не значительным.

При повышении расчётной сейсмической интенсивности от 8 до 9 баллов скорее всего потребуются ощутимые затраты на усиление. Обратим внимание, что для рассматриваемых зданий расчётная сейсмическая интенсивность 9 баллов в Украине маловероятна и может иметь место только для грунтов III категории по сейсмическим свойствам на Южном берегу Крыма и в небольшой зоне Одесской области, прилегающей к г.г. Рени, Килия, Болград. Для г. Измаила установлена сейсмичность 8 баллов уже при грунтах III категории по сейсмическим свойствам [156, Прилож. А].

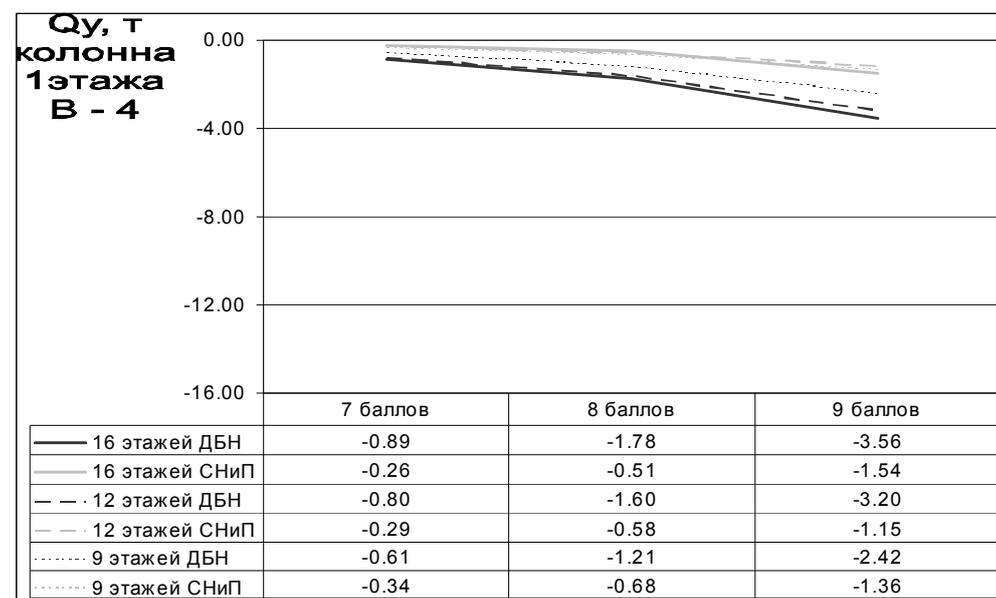
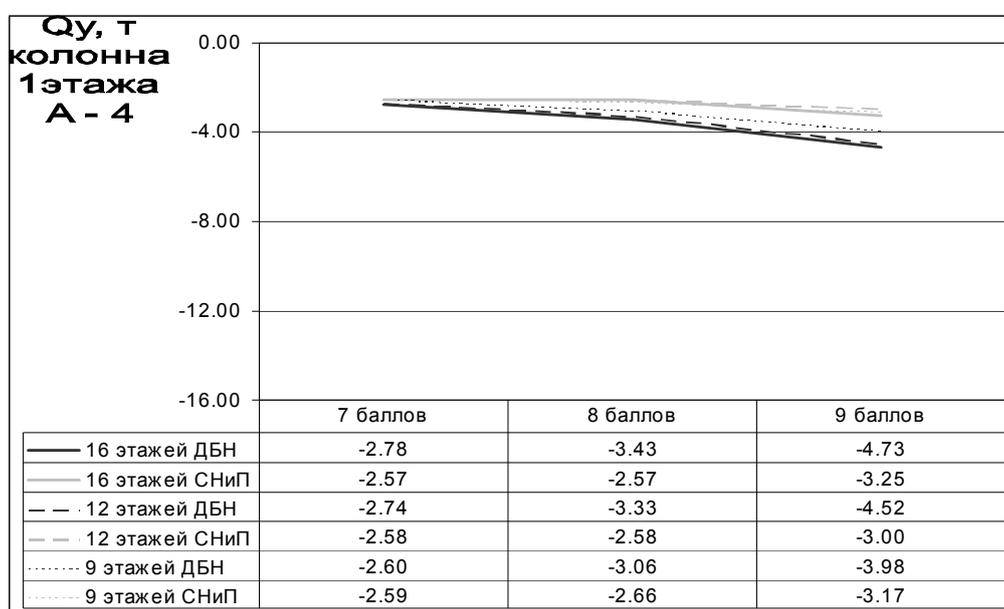
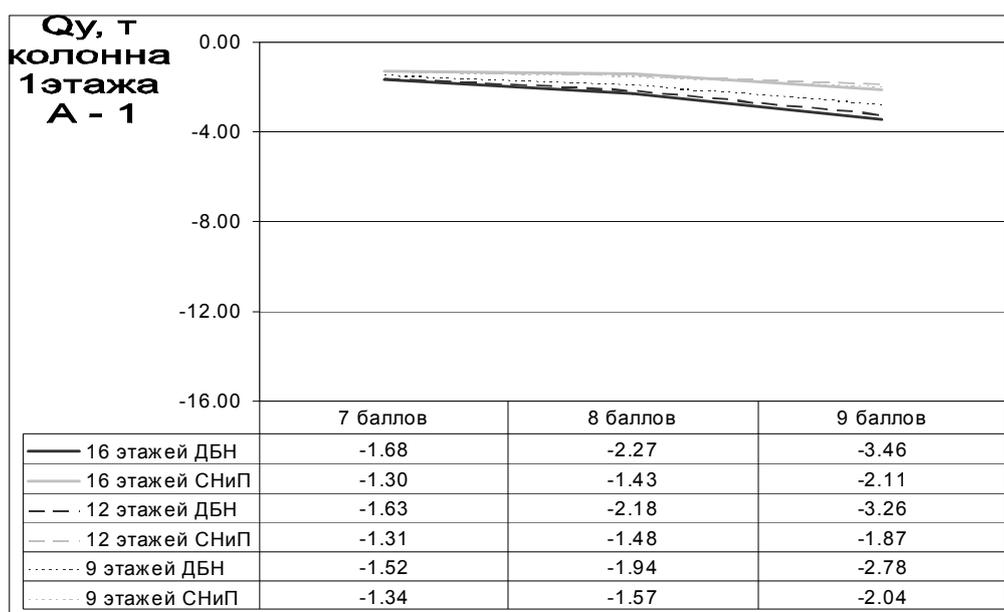


Рис. 3.

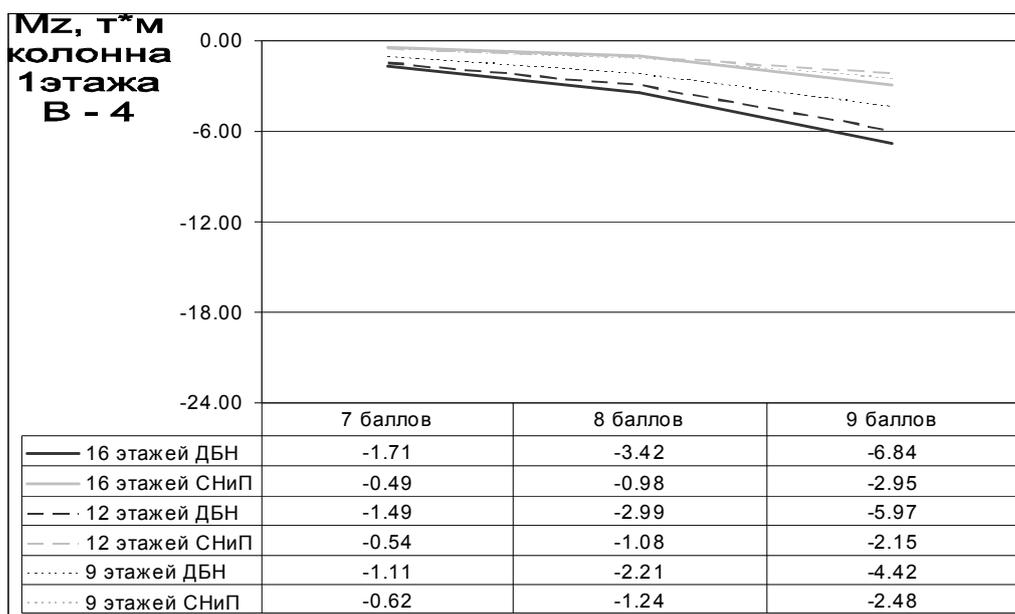
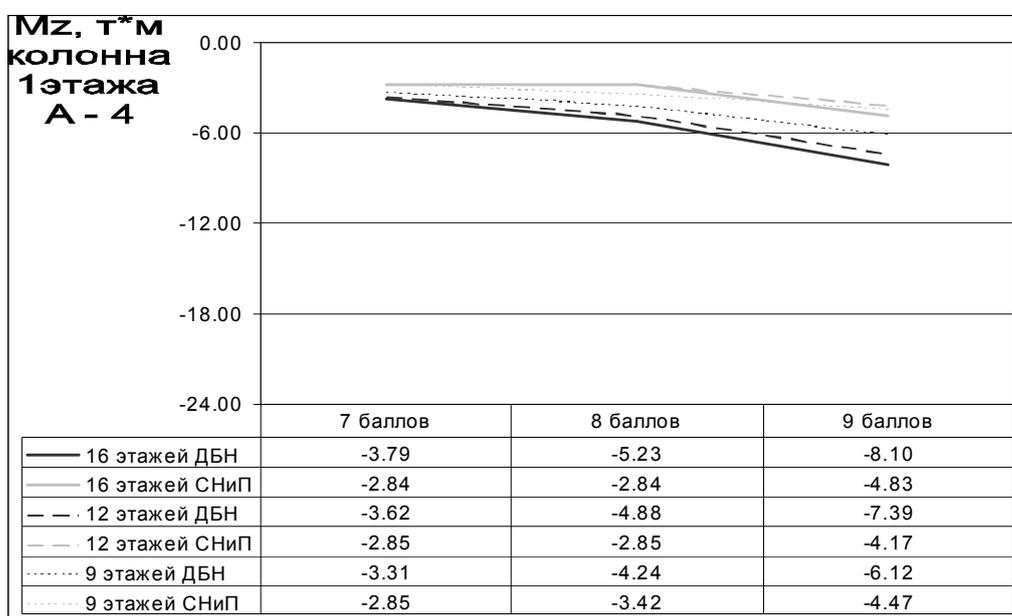
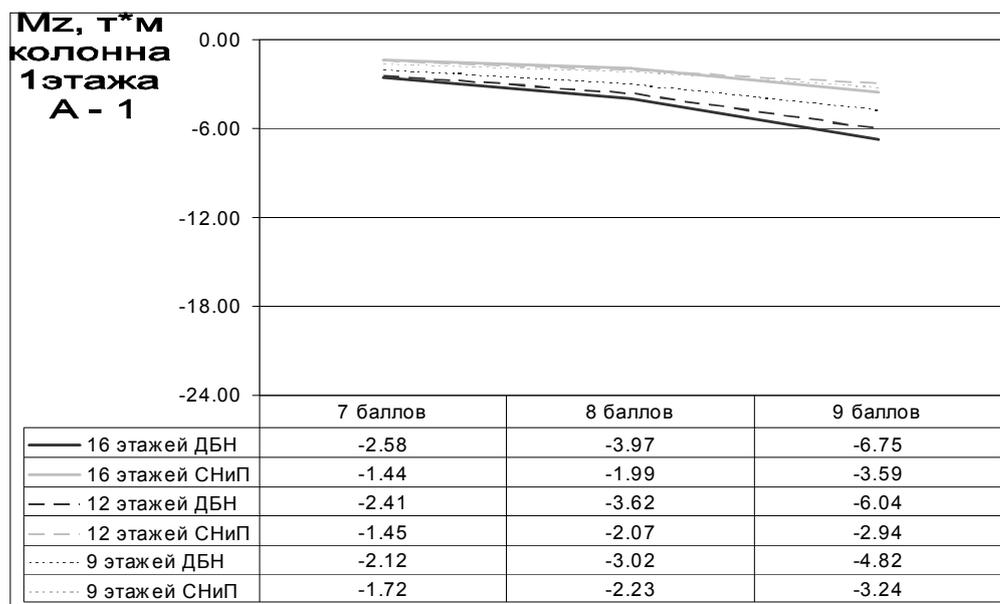


Рис. 4.

Отметим, что в угловых колоннах рост усилий интенсивнее, чем в крайних колоннах средних рядов (см. табл. 1). Это значит, что усиление торцевых рам всегда будет востребовано в первую очередь.

Подчеркнём, что многочисленные разрушения торцевых частей зданий наблюдали при экспертизе последствий землетрясений. Во многих случаях это вызвано поворотом перекрытий зданий относительно вертикальной оси, когда центры сил инерции и упругости не совпадают. Однако, эффект кручения наблюдается также и в зданиях с симметричным во всех направлениях распределением масс и жесткостей. Объяснением этому могут служить пространственные формы колебаний и высокая вероятность неравномерности колебаний массы грунта под фундаментом здания [5].

Относительный рост усилий во всех колоннах верхних этажей аналогичен росту усилий в колоннах первого этажа, хотя их абсолютные значения распределяются иначе (см. табл. 1). Продольная сила с повышением уровня в здании снижается непрерывно, а изгибающий момент и поперечная сила сначала возрастают, а затем, с приближением к верхнему этажу, несколько снижаются (см. табл. 1). Отсюда следует вывод, что в усилении на восприятие продольной силы нуждаются колонны нижних этажей, а в усилении на восприятие момента и поперечной силы, главным образом, колонны средней зоны многоэтажного здания. Отметим, что для колонн верхних этажей вероятен большой запас по несущей способности, закладываемый при проектировании, так как обычно сечения колонн имеют одинаковые размеры по всей высоте здания, а продольное армирование верхних этажей назначают конструктивно и, как правило, большей площади, чем требуется по расчёту.

Таблица 1.

Рост усилий в колоннах при повышении интенсивности на 1 балл, %

Этаж	Кол-во этажей	N						M						Q					
		7/8			8/9			7/8			8/9			7/8			8/9		
		A1	A4	B4	A1	A4	B4	A1	A4	B4	A1	A4	B4	A1	A4	B4	A1	A4	B4
I	16	24 1	15 0	0	38 30	27 11	0	54 39	38 0	100 100	70 80	55 70	100 200	35 9	23 0	100 100	52 48	38 27	100 200
	12	17 0	5 0	0	30 11	5 0	0	50 43	35 0	100 100	67 42	52 46	100 100	33 13	22 0	100 100	50 26	36 16	100 100
	9	5 0	0 0	0	19 8	0 0	0	43 29	28 20	100 100	60 45	44 31	100 100	27 17	18 3	100 100	43 30	30 19	100 100
V	16	27 4	18 0	0	43 18	30 5	0	56 26	31 4	100 100	71 42	47 21	100 100	54 25	30 3	100 100	70 40	46 20	100 100
	12	21 1	9 0	0	34 16	23 2	0	48 25	26 3	100 100	65 40	41 20	100 100	47 24	25 2	100 100	64 39	40 19	100 100
	9	11 0	0 0	0	23 14	13 0	0	36 23	18 3	100 100	52 37	30 19	100 100	34 23	17 2	100 100	51 37	30 19	100 100
IX	16	28 5	19 0	0	44 19	32 7	0	68 39	35 8	100 100	82 56	52 24	100 100	69 39	34 7	100 100	81 56	51 23	100 100
	12	22 3	11 0	0	36 17	24 4	0	57 32	27 4	100 100	72 48	42 21	100 100	57 32	28 4	100 100	72 48	42 21	100 100
	9	16 6	5 0	0	27 17	18 7	0	42 29	17 2	100 100	59 45	29 18	100 100	49 35	18 4	100 100	66 52	31 20	100 100

В строке каждого этажа верхнее значение определено по ДБН [3], нижнее по СНИП [2]

Изгибающие моменты на опорах возрастают и, примерно, в 2 раза интенсивнее по [3], чем по [2] (табл. 2). Последнее обстоятельство связано с ростом изгибающих моментов в колоннах от сейсмического воздействия. При этом в ригелях наблюдается заметное увеличение осевого усилия сжатия, что улучшит работу ригелей на восприятие изгибающего момента, так как их сечения при проектировании с соблюдением рекомендаций норм имеют резерв прочности по сжатой зоне, а не по растянутой арматуре. Подчеркнем, что в серии ИИС-04 ригели рассчитывали с учётом перераспределения изгибающих моментов по пролёту, т.е. относительную высоту сжатой зоны бетона принимали не более 0,35.

Изгибающие моменты в средней части пролёта ригелей рам, размещённых вдоль поперечной оси симметрии здания, остаются при повышении расчётной сейсмической интенсивности неизменными. Их численные значения, определённые по [3] и по [2], одинаковы (табл. 3).

Поперечные силы в ригелях возрастают меньше, чем изгибающие моменты (см. табл. 2). За-

метим, что увеличение поперечных сил в пролёте не значимо, так как их значения в исходном варианте весьма низки (см. табл. 3).

Таблица 2.

Рост усилий ригеля в сечении у колонны при повышении интенсивности на 1 балл, %

Этаж	Кол-во этажей	N				M				Q			
		7/8		8/9		7/8		8/9		7/8		8/9	
		A-B/4	A-B/6										
I	16	50	56	66	72	38	25	55	40	21	26	35	41
		22	27	36	42	7	0	26	12	4	8	13	17
	12	48	57	65	73	36	23	52	38	19	24	32	38
		25	32	40	49	10	0	28	16	5	10	14	18
	9	42	54	59	70	29	18	45	32	14	19	25	31
		29	40	45	57	14	1	31	21	7	11	16	20
V	16	56	43	72	60	79	33	89	50	37	57	54	73
		27	18	42	30	53	6	69	22	15	28	25	43
	12	57	39	73	57	73	30	84	46	31	50	47	67
		32	19	49	32	49	7	66	24	14	27	25	42
	9	50	26	66	42	61	23	75	37	22	36	36	53
		35	17	52	29	46	9	63	25	14	24	24	39
IX	16	44	31	61	47	82	31	90	48	39	46	56	63
		19	6	31	20	57	4	73	21	16	16	27	33
	12	22	0	36	11	72	27	84	42	30	44	46	61
		1	0	17	0	49	4	65	21	16	19	24	36
	9	0	57	15	0	40	17	57	30	8	23	19	37
		0	0	1	26	27	4	43	19	0	14	11	25

В строке каждого этажа верхнее значение определено по ДБН [3], нижнее по СНИП [2]

Таблица 3.

Рост усилий ригеля в пролёте при повышении интенсивности на 1 балл, %

Этаж	Кол-во этажей	N				M				Q			
		7/8		8/9		7/8		8/9		7/8		8/9	
		A-B/4	A-B/6										
I	16	50	56	66	72	0	0	7	0	31	22	47	36
		22	27	36	42	0	0	0	0	5	0	21	10
	12	48	57	65	73	0	0	4	0	29	20	44	34
		25	32	40	49	0	0	0	0	8	0	22	14
	9	42	54	59	70	0	0	0	0	23	16	37	28
		29	40	45	57	0	0	0	0	11	2	25	18
V	16	56	43	72	60	9	0	22	0	84	29	91	45
		27	18	42	30	0	0	0	0	60	4	75	19
	12	57	39	73	57	3	0	17	0	84	26	91	41
		32	19	49	32	0	0	0	0	66	5	79	20
	9	50	26	66	42	0	0	6	0	81	20	90	33
		35	17	52	29	0	0	0	0	71	7	83	22
IX	16	44	31	61	47	13	0	25	0	89	28	94	43
		19	6	31	20	0	0	2	0	70	2	83	18
	12	22	0	36	11	4	0	18	0	78	23	88	38
		1	0	17	0	0	0	0	0	57	2	72	18
	9	0	57	15	0	0	0	0	0	49	9	66	21
		0	0	1	26	0	0	0	0	35	0	52	12

В строке каждого этажа верхнее значение определено по ДБН [3], нижнее по СНИП [2]

В диафрагмах картина напряжённо-деформированного состояния следующая.

При сейсмическом воздействии на здание в поперечном направлении все усилия в диафрагмах, установленных вдоль продольной оси симметрии здания, т.е. вдоль средней оси «В», остаются неизменными при повышении расчётной сейсмической интенсивности, причём их численные значения, определённые по [3] и по [2] одинаковы (см. рис.). Аналогичную ситуацию мы уже

отмечали и для колонн среднего ряда.

Усилия в диафрагмах, установленных поперёк здания, существенно возрастают (до 30 – 100%, а в отдельных случаях и более) при повышении расчётной сейсмической интенсивности, причём в диафрагмах, удалённых от оси симметрии, несколько выше N_x и N_y (до 3 – 7%), T_{xy} (до 2 – 8%), чем в в диафрагмах, расположенных близко к оси симметрии (см. рис. , табл. 4).

Это ещё раз подтверждает, что чем дальше вертикальная несущая конструкция размещена от геометрического центра здания, тем сложнее условия её работы.

Таблица 4.

Рост усилий в поперечных диафрагмах при повышении интенсивности на 1 балл, %

Этаж	Кол-во этажей	N_x				N_y				T_{xy}			
		7/8		8/9		7/8		8/9		7/8		8/9	
		A-B/2	A-B/5	A-B/2	A-B/5	A-B/2	A-B/5	A-B/2	A-B/5	A-B/2	A-B/5	A-B/2	A-B/5
I	16	45 19	44 19	62 64	61 63	44 18	45 19	61 64	62 64	93 78	91 74	96 176	96 170
	12	46 23	45 23	63 38	62 37	45 22	46 24	62 37	63 38	95 87	93 83	97 93	96 91
	9	42 29	41 28	60 45	59 44	41 28	42 29	58 44	60 45	96 93	94 90	98 96	97 95
V	16	39 16	37 14	56 54	55 51	36 14	40 16	53 48	57 55	98 92	96 88	99 192	98 188
	12	38 18	36 17	55 30	53 29	34 16	38 18	51 27	56 31	97 93	96 90	99 96	98 95
	9	31 20	29 19	48 34	45 31	28 0	32 21	44 53	48 34	97 94	95 91	98 97	97 96
IX	16	30 6	29 0	189 154	44 43	27 3	31 6	43 35	47 40	97 92	95 85	99 191	97 183
	12	22 2	20 0	361 227	33 15	19 0	23 3	32 13	53 17	97 91	93 83	98 95	97 91
	9	0 0	13 0	3 0	23 0	0 0	0 0	0 0	5 0	72 59	69 55	84 74	82 71

В строке каждого этажа верхнее значение определено по ДБН [3], нижнее по СНИП [2]

Полученная количественная оценка изменения усилий в несущих элементах каркаса при повышении расчётной сейсмической интенсивности с учётом изменения расчётных требований методики [2] по отношению к требованиям методики [3] позволяет выполнить целенаправленно, т.е. ускорить, выбор варианта усиления в каждом конкретном случае.

Регулировать сейсмическую реакцию здания можно различными способами, например, путём изменения:

- несущей способности (на вертикальные и горизонтальные нагрузки);
- жёсткости отдельных узлов или конструкций;
- пластичности отдельных узлов или конструкций.

Эти свойства тесно связаны между собой, но их изменением достигают различных целей. Например, чем больше упругая жёсткость несущих конструкций, тем меньше будут деформации этажа, что, в свою очередь, снижает возможность повреждения неконструктивных элементов (перегородок, оборудования, элементов фасада и т. д.).

Чем выше несущая способность, тем сильнее должно быть сейсмическое воздействие, вызывающее пластические деформации в несущих конструкциях. Повышение функциональной сейсмической безопасности здания достигается преимущественно за счёт повышения несущей способности. Резервы пластичности требуются, прежде всего, для предотвращения обрушения конструкций, т. е. для повышения сейсмостойкости.

На следующем этапе исследовали эффективность различных вариантов усиления каркаса 16-ти этажного здания.

Рассмотрены следующие варианты усиления.

1. Возведение дополнительных диафрагм по торцам здания.
2. Возведение дополнительных диафрагм в осях 4 и 8.
3. Установка порталных связей в поперечных рамах по торцам здания.
4. Установка порталных связей в поперечных рамах по осям 4 и 8.
5. Усиление узлов рам в осях 1, 4, 8 и 11 по запатентованному способу [185].

Каждое из рассмотренных видов усиления снижает требуемое расчётом продольное армирование в существующих конструкциях при переходе от расчётной сейсмической интенсивности 7 баллов к 8 баллам.

Например, в колоннах это снижение составляет:

- при возведении дополнительных диафрагм - 49 %, 28 % и 17 % на 1-ом, 5-ом и 9-ом этаже соответственно;
- при установке порталных связей – 20 %, 7 % и 17 % на 1-ом, 5-ом и 9-ом этаже соответственно;
- при усилении узлов рам в осях 1, 4, 8 и 11 по запатентованному способу [6] – (10 - 56 – 85) %, (7- 50 – 84) % и (15 - 18 – 80) % на 1-ом, 5-ом и 9-ом этаже соответственно (здесь первая цифра указывает снижение армирования в угловых колоннах, вторая в колоннах крайних рядов, третья – в колоннах среднего ряда).

Более полная информация о результатах этой части работы будет опубликована после её завершения.

ВЫВОДЫ

1. Установлена тенденция изменения усилий в несущих элементах каркасов из сборного железобетона по серии ИИС-04 как при повышении расчётной сейсмической интенсивности, так и при изменении расчётных требований методики [2] на требования методики [3].
 2. При повышении расчётной сейсмической интенсивности с 7 до 8 баллов 9-ти 12-ти этажные здания в усилении не нуждаются, либо достаточно усиление только узлов рам по способу, предложенному автором [6]. В 16-ти этажных зданиях может быть востребовано усиление колонн среднего ряда только на восприятие поперечной силы, колонн крайних рядов - на восприятие всех усилий N, M и Q.
- При повышении расчётной сейсмической интенсивности с 8 до 9 баллов усиление будет востребовано всегда. Однако, для рассматриваемых зданий расчётная сейсмическая интенсивность 9 баллов в Украине маловероятна и может иметь место только для грунтов III категории по сейсмическим свойствам на Южном берегу Крыма и в небольшой зоне Одесской области, прилегающей к г.г. Рени, Килия, Болград. В г. Измаиле установлена сейсмичность 8 баллов именно для грунтов III категории по сейсмическим свойствам [156, Прилож. А].
3. Предложена методика, позволяющая ускорить выбор наиболее эффективных конструктивных мероприятий по обеспечению сейсмостойкости сборных железобетонных каркасов многоэтажных зданий в ходе их реконструкции при повышении расчётной сейсмической интенсивности с соблюдением требований новых норм [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панюков С. Э. Исследование сейсмостойкости многоэтажных зданий с железобетонным каркасом при их реконструкции. Строительство и техногенная безопасность /Сб. науч. тр. НАПКС вып. 21 – Симферополь: НАПКС, 2007. – с. 21 - 26.
2. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования./Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 48 с.
3. ДБН В. 1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. Министерство строительства, архитектуры и жилищно- коммунального хозяйства Украины. Киев, 2006, - 84 с.
4. Поляков С.В. и др. Современные методы сейсмозащиты зданий. – М.: Стройиздат, 1989. - 320 с.
5. Егупов В.К., Егупов К.В., Лукаш Э.П. Практические методы расчета зданий на сейсмостойкость. Киев Будивельник, 1982.
6. Декларацийний патент на винахід. UA 38727 А 7 Е04Н9/02. Панюков Сергій Емільевич, Кримська академія природоохоронного та курортного будівництва. Спосіб посилення рам. Міністерство освіти і науки України, Державний департамент інтелектуальної власності. 15.05. 2001.

Сафонов А.А., д. арх., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

О типовом массовом жилищном строительстве (история, современное состояние, тенденция и перспективы)

Показаны недостатки общегосударственного типового проектирования и строительства массового жилища советского времени. На основе анализа исторического опыта массового жилищного строительства предложены направления дальнейшего совершенствования типового проектирования и формирования данного вида застройки.

Архитектура, массовое жилище, типовой проект, стандарт, жилая ячейка, регион, традиции, природно-климатические особенности.

Советский энциклопедический словарь даёт следующее толкование термина: «Типизация, разработка типовых конструкций или технологических процессов на основе общих для ряда изделий (процессов) технических характеристик. Один из методов стандартизации» [1]. Применительно к жилищу, разработка стандартной жилой ячейки или совокупности таких ячеек, возводимых по единой технологии. Внедрить в массовое строительство типовые (образцовые) проекты пытались в XVIII в. при застройке новой столицы, Санкт-Петербурга, однако широкого распространения метод не получил. Вторично к этому способу строительства обратились в начале XIX в. При стремительном распространении в архитектурной стилистике русского классицизма власти пытались сделать его общегосударственным. Неприятие типовых проектов застройщиками на местах вынудило инициаторов найти компромиссное решение. В 1809-1812 гг. разрабатывается пять альбомов типовых уличных фасадов, домов (рис. 1), которые застройщики обязаны были использовать всё, что за фасадом на «волю» хозяина строения. В таком виде метод нашёл широкое распространение и использовался более полувека. Применялся он при застройке и реконструкции крымских городов. В частности, в Симферополе он реализован при формировании кварталов, ограниченных улицами Серова, К.Маркса, Р.Люксембург и переулком Театральным.

В очередной раз к типовому проектированию обратились уже в советское время, в пятидесятых годах прошлого века. На основе единого метрического модуля и общегосударственных строительных норм и правил он был внедрен на всей территории бывшего СССР. При этом предполагалось: решить жилищную проблему по принципу – каждой семье отдельную квартиру, чтобы обеспечить в данной сфере всеобщее равенство и социальную справедливость; упорядочить застройку поселений, уйти от хаотичного самостроя послевоенного времени и помпезных сооружений с «архитектурными излишествами».

К началу перестройки поставленные задачи формально были решены. В процессе выполнения этой программы типовое жилье не вызывало особых нареканий у населения. Строительство велось за счет общественных фондов, квартиросъемщик получал причитающиеся ему квадратные метры как бы бесплатно, часть эксплуатационных расходов также покрывалась из общественных фондов, что порождало иллюзию дешевого жилья. Мирились жители и с дискомфортом – следствием технических и архитектурно-художественных недостатков типовой застройки.

Изъяны типового жилья выявились в годы перестройки, цены квартир на рынке жилья устанавливались значительно ниже их себестоимости. Проводившиеся нами опросы населения с целью выявления отношения жителей к качеству приватизированных квартир показали: в целом жилище характеризуется положительно; всеобщее неприятие вызывает группа вспомогательных помещений, их геометрические параметры и взаимосвязи; подавляющее большинство опрошенных считает, что эксплуатационные расходы слишком велики. Но главным показателем качества типового стандартного жилья советского времени явилось практически полное прекращение его производства к началу XXI века, продиктованное отсутствием потребительского спроса.

О социальной бесперспективности такого подхода к формированию жилья О. Мандельштам предупреждал еще накануне революционных преобразований: «Откажитесь от социальной архитектуры,

и рухнет самая простая, для всех несомненная и нужная постройка, рухнет дом человека, человеческое жилье. Как оградить человеческое жилье от грозных потрясений, где застраховать его стены от подземных толчков истории, кто осмелится сказать, что человеческое жилище, свободный дом человека не должен стоять на земле, как лучшее ее украшение и самое прочное из всего, что существует? Никакие законы о правах человека, никакие принципы собственности и неприкосновенности больше не страхуют человеческого жилья, дома больше не спасают от катастрофы, не дают ни уверенности, ни обеспечения» [2].

Государственный стандарт жилища вводился, чтобы обеспечить равенство всех граждан при их вселении в новые или в освобождавшиеся квартиры. Но к моменту приватизации не все жители бывшего СССР имели жилье, соответствовавшее нормам заселения. Стоимость квартир равной комнатности и площади в зависимости от их расположения в доме, а дома в населенном пункте, степени технического износа и др. колеблются в очень широком диапазоне. Акция приватизации наглядно проиллюстрировала относительность равенства и социальной справедливости при решении жилищной проблемы.

Вариации жилых ячеек ограничивались правилами заселения квартир простыми семьями, т.е. семьями, состоящими из одной супружеской пары. На Руси традиционно под одной крышей жили семьи, состоящие из трёх поколений. Этот факт убедительно представлен героями литературных романов русских классиков: семья Зотовых в романе “Хлеб” Мамина-Сибиряка; Артамоновы - “Дело Артамоновых” Горького; Мелеховы - “Тихий Дон” Шолохова; Кузнецовы - “Амур-батюшка” Задорнова и др. В аристократических семьях под одной крышей порой проживали в полном согласии целые семейные кланы. Для удовлетворения разнообразия спроса того времени набор типовых фасадов 1809-1812гг. колебался от простенького домика в три окна до трехэтажного дворца (см. рис. 1). Нарушение традиционных контактов поколений в семье отрицательно сказалось на морально-этическом климате общества в целом. Такое размежевание негативно отразилось и на демографических процессах. По расчётам крупнейших учёных (Менделеев, Вернадский и др.), численность населения Российской империи к началу XXв. должна была составить полмиллиарда человек. Территория СССР примерно соответствовала бывшей империи, к моменту распада Союза количество его жителей едва достигало половины названной цифры. Безусловно, на демографические процессы повлияли и общественно - политические катаклизмы XX в., но пока неисследованный жилищный фактор, вероятно, затормозил рост численности населения.

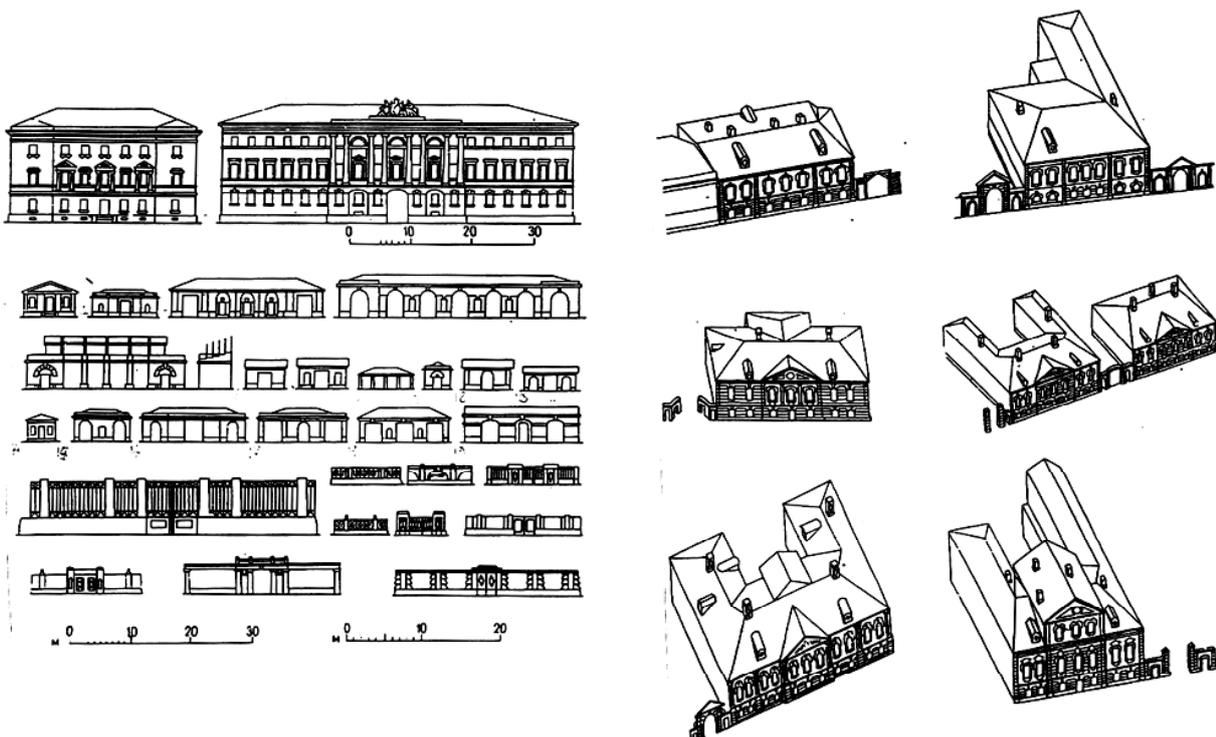


Рис.1. Чертежи из первого альбома “Сборник типовых фасадов” 1809-1812гг. и примеры их практического применения.

Итак, идеал стандартного типового жилища, призванного обеспечивать равноправие и постепенное повышение благосостояния советского народа, рухнул. Профессор Т.А. Славина не без оснований утверждает: “После каждой эпохи, отвергающей и топчущей традиции, неизбежно наступает эпоха возврата, но последняя никогда не бывает полной, всецело повторяющей прошлое, и всегда приносит новые ценности или так видоизменяет старые, что они являются новыми” [3]. Неизбежность эпохи возврата обусловлена построением нормального государства с доминирующим средним классом. Массовое жилище призвано удовлетворять интересы именно этого класса. Поскольку этот класс пока не сформирован, ориентироваться, на интересы богатых и неимущих нет оснований. Народная мудрость гласит: “Богатый человек неразумен”. Современные дома богатых людей при их внешней привлекательности, как правило, дороги в постройке, расточительны в эксплуатации и далеко не всегда удобны для проживания семьи. Если численность населения на противоположном полюсе будет сохраняться длительное время, а власти будут пытаться удовлетворять их жилищные потребности за счет государственного бюджета, то норма заселения может вернуться к показателю, который был установлен в первые годы советской власти и равнялся 6 м квадратным на человека. Ситуация вынуждает вернуться к историческому прошлому.

В аграрной дореволюционной Российской империи средний класс представлял крестьянин. Его жизненную позицию и мотивацию всей жизнедеятельности, на наш взгляд, убедительно формулирует писатель Н. Задорнов в романе “Амур - батюшка” высказыванием одного из героев: “Ты думал бы, как робить да робить! А робить-то нам неохота, нам бы жар-птицу ловить в лесу. Нищие мы, жрать нечего, а на уме пьянство да гулянство... Чтобы сколотить богатство, надо стать сухим, черствым душой. Кто копит - не отзовется душа того ни на что доброе, в ней нет жалости, дружбы, любви... В старой жизни Егор твердо знал правило, что с трудов праведных не построишь палат каменных... Он искал жизни согласной в семье и с соседями и по трудам достаточной. Слыша, что кто-нибудь богатеет, он не завидовал, а от души говорил: “Ну, это им! А у нас своё!” Он радовался, что остаётся не богатым, но крепким на земле, что дети его растут в работе и ничего не боятся, что крепок он всем своим родом во всех корнях” [4].

Обеспеченный крестьянин осуждал нищету, считал её следствием лени и пьянства, не стремился он и к богатству, старался жить обеспеченно и достойно. В результате непродуманных реформ, начиная с отмены крепостного права, которая проводилась сверху без учета интересов самих землепашцев, произошло раскрестьянивание сельских жителей, по мнению М. Пришвина, уже в начале XXв.: “И главное, что у нас теперь вовсе нет этого народа-пахаря, надо отбросить всякие иллюзии барства, наш народ теперь самый неземледельческий в мире...” [5].

Утратив производственную базу благополучия, сохранить чувство собственного достоинства было очень непросто. Этот феномен человеческого бытия Б. Ахмадулина характеризует так: “Чувство собственного достоинства - вот загадочный инструмент:

Создается оно столетьями, а утрачивается в момент - под бомбежку ли, под гармошку ли, под красивую ль болтовню, иссушается, разрушается, сокрушается на корню... Чтоб там тьма и зло не пророчили, кроме этого, ничего не придумало человечество для спасения своего.”

В результате полутора вековых преобразований и экспериментов крестьянин из человека крепкого на земле превратился в безразличного наемного работника, который безропотно переселился из традиционного собственного дома в стандартную жилую казенную ячейку. Безликая монотонность этой застройки стала основной достопримечательностью городских новостроек, по этому же принципу формировались сельские поселения, рис.2. Внедрить малоэтажную типовую застройку с современным уровнем благоустройства не удалось. Цена типового коттеджа при практической реализации оказалась на порядок выше стоимости традиционных домов на местах. Высказывались предложения перейти на разработку региональных типовых проектов, но для этого потребовалось бы разработать до 50тыс. проектов [6]. Кроме дороговизны типовых коттеджей, они и утилитарно были плохо приспособлены для проживания как сельских, так и городских семей [7].

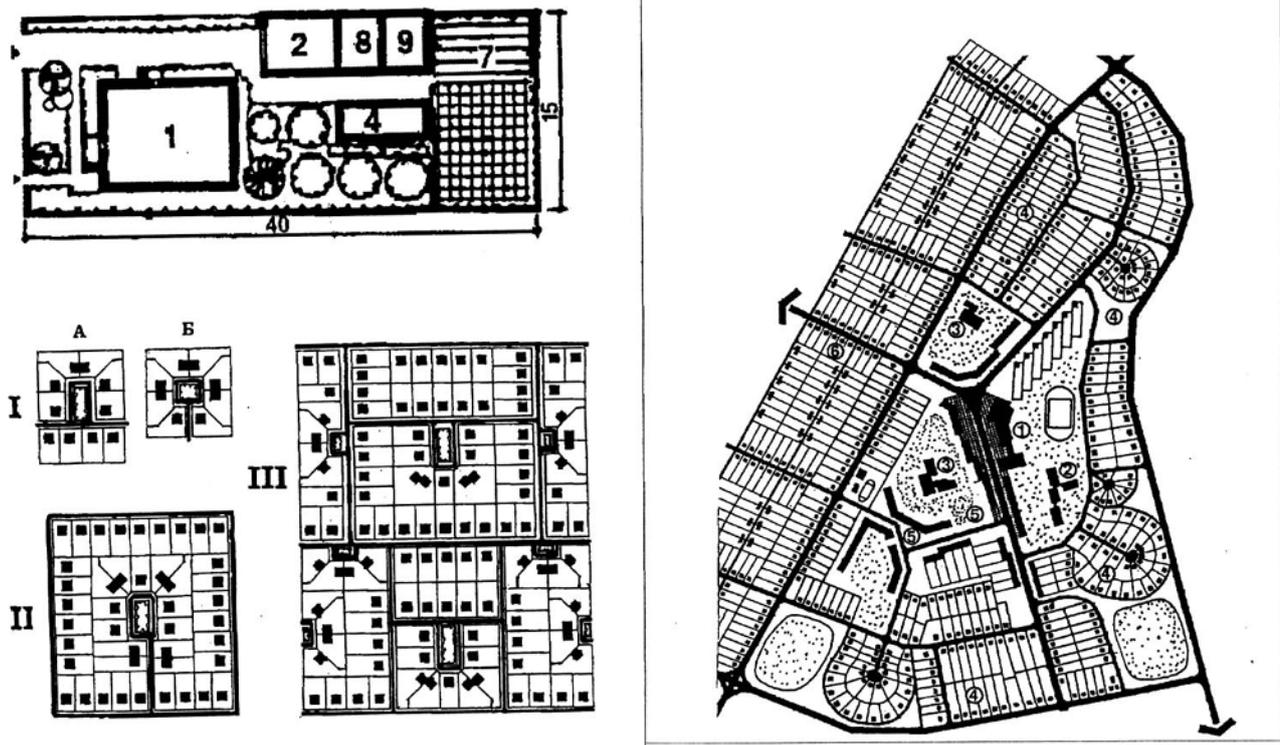


Рис.2. Типові рішення приусадебного участка, кварталов и генплана поселков советского времени.

Технические решения многоэтажных домов, механически перенесённые в малоэтажную застройку, привели к завышенным теплотерям [8].

Исследования, проводившиеся во второй половине XXв. в области коммунальной гигиены, показали, что комфортность среды типового жилища не соответствует оптимальным показателям, характеризующим эту среду. По нашим исследованиям, традиционное жилище было более комфортным [9]. Выявленные направления эволюции сельского деревянного дома на пути его количественных и качественных преобразований (рис.3) показали, что спектр разновидностей усадебного дома в условиях одного региона не может быть слишком разнообразным. Эта закономерность подтверждается исследованиями народного жилища российского севера (рис.4) [10].

Региональные особенности жилища обусловлены природно-климатическими условиями места, они закладываются на начальной стадии создания жилой постройки [11] и на последующих этапах сохраняются и совершенствуются [12].

Однотипными домами порой застраивалась целая улица, своеобразие достигалось путем декоративной их обработки. Современное компьютерное проектирование позволяет обеспечивать композиционное единство типовой застройки при безграничных вариациях декоративной обработки [13].

При бесспорном своеобразии типологических групп регионального народного массового жилища нельзя не отметить некоторые закономерности его формирования, применяемые фактически повсеместно. Например, использование гелио - и термального тепла для поддержания комфортных условий дома. Принцип тепловой монокамерности помещений, вместо внутренних перегородок в доме устраивались термостойкие стены, основные помещения снабжались автономным теплоисточником. Этот приём позволял в холодное время года эксплуатировать помещения независимо друг от друга.

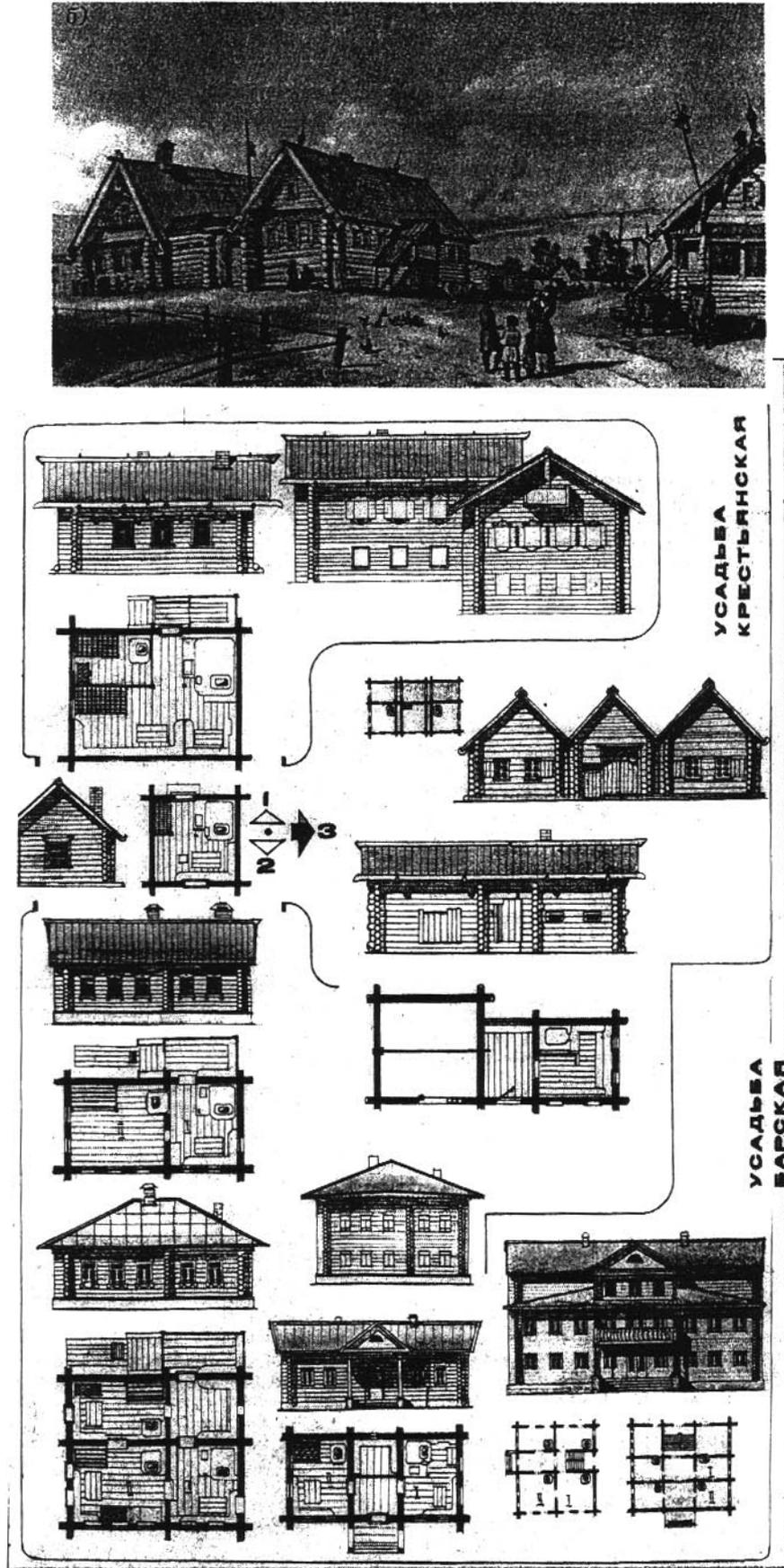


Рис.3. Основные направления эволюционных преобразований сельского деревянного дома в народном зодчестве Руси.

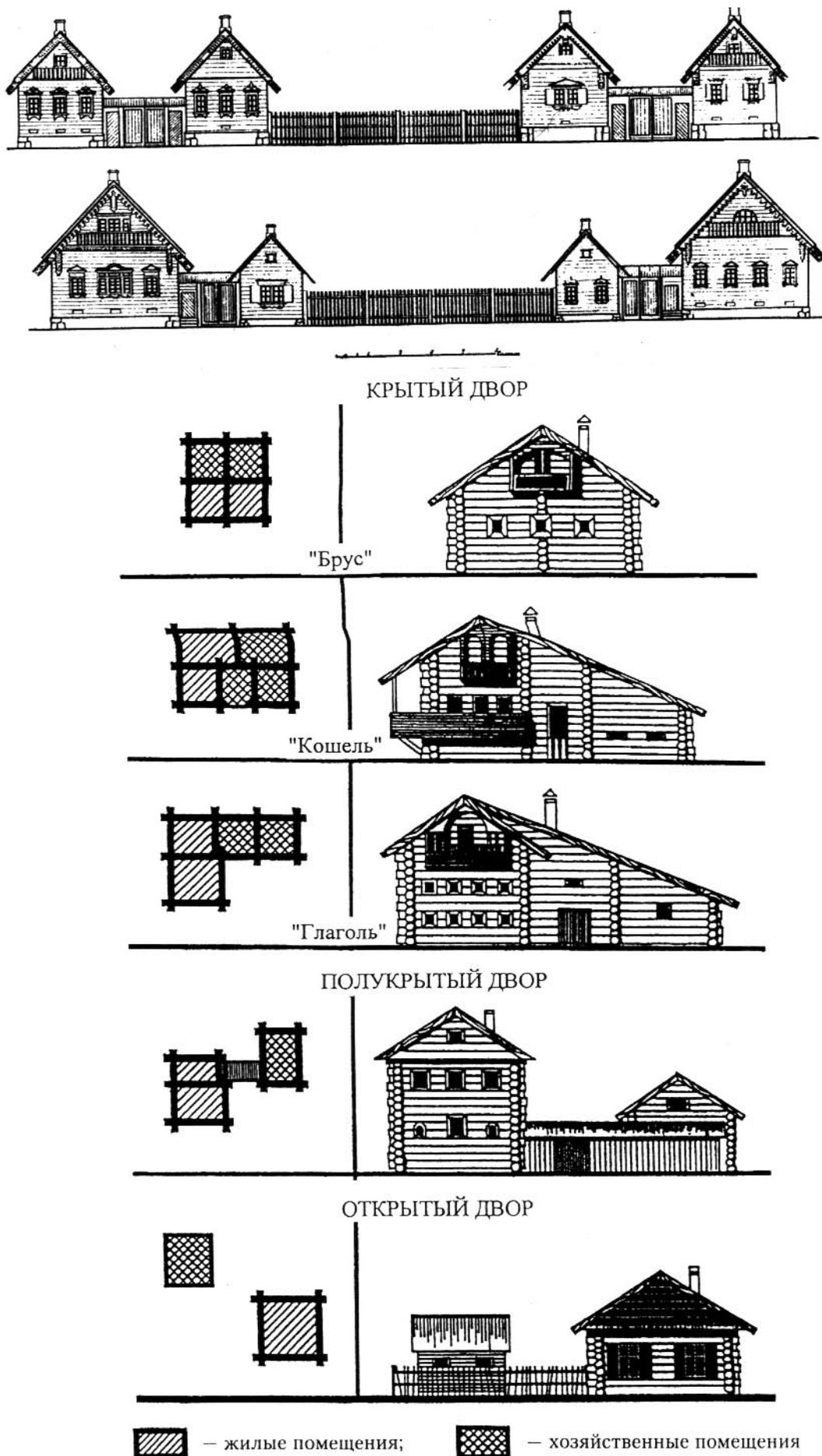


Рис.4. Типы традиционного народного жилища Российского Севера по Л.В. Хихлуха.

ВЫВОДЫ

1. Впервые в истории государств бывшего СССР во второй половине XX в. внедрено строительство массового жилища по типовым проектам с единым стандартом жилых ячеек. Повсеместное распространение метода стало следствием полной изоляции потребителя от процессов формирования этого жилья, в общественном сознании утвердилось убеждение в его экономической эффективности.
- Бесспорным достижением данного вида строительства следует считать решение жилищной проблемы: “каждой семье отдельную квартиру” - в соответствии с гигиенически обоснованной нормой заселения.
- Недостатки этой среды: безликое однообразие, визуальная дисгармония и функциональная несовместимость с окружающей природной средой, гигиенический и утилитарный дискомфорт. Норма заселения жилых первичных ячеек разрушила традиционные для Руси семьи, состоявшие обычно из трех поколений.
2. При переходе к рыночным отношениям массовое жилище становится товаром, качественные характеристики которого определяются потребительским спросом. Относительно монолитное общество советского времени в начале перестройки рассредоточилось на двух крайних полюсах бедности и богатства. Ни те, ни другие не могут определять требования к массовому жилищу. Первые по причине экономической несостоятельности, для других разумная достаточность определяется финансовыми возможностями, которые колеблются в широком диапазоне.
3. Крестьянин на Руси исторически представлял средний класс. Его жилище всегда было индивидуальным по принадлежности и неповторимым по декоративному оформлению, но стандартным по сути, типовым по конструктивному и архитектурно-планировочному решениям. Оно было утилитарно удобным и экономичным. Эмпирически были отработаны формы пространственной гармонии и функциональной совместимости жилой и окружающей природной среды.
4. В обозримой перспективе массовое жилищное строительство должно быть типовым. Каждую типологическую группу такого жилища следует разрабатывать для конкретного региона с учетом его природно-климатических особенностей и традиций населения, проживающего на данной территории. Разработку регионального типового жилища необходимо вести на основе научных проработок, базой для таких исследований может служить изучение особенностей исторически формировавшихся жилых построек в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Советский энциклопедический словарь // гл. ред. А. М. Прохоров. 2-е изд. - М.: Сов. энциклопедия, - С. 1324.
2. Мандельштам О. “Я, кажется, в грядущее вхожу” // “Неделя”, 7-13 ноября 1988, - С. 3.
3. История русской архитектуры: Учеб. для вузов // Пилявский В. И., Славина Т. А., Тиц А. А. и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - С. - Петербург, Стройиздат СПб. 1994, - С. 560.
4. Задорнов Н. П. Амур - батюшка. Изд. “Молодая гвардия”. - М.: 1958. - С. 112, 350.
5. Пришвин М. Я в плену у жизни. // “Литературная газета”, 1990, № 42, - С. 3.
6. Орфинский В. Новый облик деревни // “Архитектура”, приложение к строительной газете. 1985. № 589, - С. 3.
7. Сафонов А. Ни к селу, ни к городу // “Архитектура”, приложение к строительной газете. 1989. № 691, - С. 6.
8. Сафонов А. Почему традиционный дом теплее? // Архитектура и строительство России. 1990. № 1, - С. 33.
9. Сафонов А. А. Комфорт крестьянского жилища // Жилищное строительство. 1990. № 5, - С. 18-20.
10. Хихлуха Л. В., Багиров Р. Д., Моисеева С. Б. Согомонян Н. М. Архитектура российского села. Региональный аспект. - М.: Российская академия архитектуры и строительных наук, “Архитектура-С”, 2005. - С. 68.
11. Сафонов А. А. Начальная стадия формирования жилища в Крыму // Architecton. 1994. № 3-4, С. 46-53.
12. Сафонов А. А. Усадьбный дом на южном склоне // Строительство и архитектура. 1990. № 6 - С. 8 - 9.
13. Сафонов А. А., Сафонов К. А. Об ограждении территории усадебных участков в поселениях Крыма. - Строительство и техногенная безопасность / Сорник научных трудов НАПКС, вып. 11. - Симферополь. 2005, - С. 50-54.

Черненко В.И., инженер, Снегирёв В.С., Боровиков М.А., студенты ЭУН-202
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Использование теплоизоляционных панелей SIP при малоэтажном строительстве (Технология ЭкоПан)

Рассматривается использование технологии быстрого возведения домов из структурных теплоизоляционных панелей.

ЭкоПан, SIP-технология, Пенополистирол (ПСБ-С), OSB-плиты

Рассуждая о тенденциях в отрасли жилищной комплектации, следует говорить, что наибольшую популярность приобретают загородные коттеджи, приспособленные для постоянного проживания. Свежий воздух, комфортабельные условия и относительно низкая себестоимость – всё это имеет высокое значение при выборе жилплощади в современных условиях.

Технология EcoPan пришла в страны СНГ из Канады. Из панелей EcoPan можно строить здания высотой в два этажа с разной планировкой и практически любой площадью, а также надстраивать реконструируемые дома из кирпича и бетона. Суть технологии в том, что на компактном оборудовании производятся модули-панели, не требующие мощных фундаментов. Структурные элементы легко транспортируются и быстро возводятся, дом собирается как конструктор. По своим технологическим характеристикам эти дома отличаются энергосберегающими характеристиками, которые достигаются за счет системы утепления.



Рис. 1. Структурные элементы панелей ЭкоПан

В основе технологии ЭкоПан лежит использование конструктивных теплоизоляционных панелей SIP (structural insulated panel), отвечающих требованиям технических условий ТУ 5366-142-39124899-204 для основных элементов здания: стен, перекрытий, крыши. SIP для строительства коттеджей состоит из двух ориентированных стружечных плит OSB (oriented strand board) толщиной 12мм и пенополистирола ПСБ-С 25 (35) толщиной 100, 150 или 200 мм. SIP склеивают под давлением пресса 18 тонн. В качестве связующих компонентов используют синтетические смолы и парафиновую эмульсию.

Пенополистирол (ПСБ-С) – изоляционный материал белого цвета, состоящий на 55% из воздуха, заключённого в миллиарды микроскопических тонкостенных клеток из вспенённого полистирола.

ПСБ-С – экологически чистый, нетоксичный тепло- и звукоизоляционный материал, применяемый в строительстве на протяжении уже 40 лет и зарекомендовавший себя как наиболее экономичный, удобный в применении и обладающий низкой степенью теплопроводности и паропроницаемости. В настоящее время в Европе более 60% всего производимого пенополистирола используется для целей теплоизоляции.

Свойства Пенополистирола (ПСБ-С)

- *Низкая теплопроводность и температура применения.* Неподвижность воздуха в структуре материала – именно на этом качестве основаны его теплоизоляционные свойства. Проводимые испытания на теплопроводность в соответствии с требованиями ГОСТ 15588-86 подтверждают, что вне зависимости от марки используемого сырья и предприятия-изготовителя пенополистирол (ПСБ-С) обладает теплопроводностью в пределах

0,037 – 0,041 Вт/(м*К). Нижняя граница применения пенополистирола в строительстве – 180°C., верхняя – 80°C. В течение непродолжительных промежутков времени выдерживает температуру 110°C.;

- *Высокие гидроизоляционные свойства.* Гигроскопичность пенополистирола (ПСБ-С) ничтожно мала. Глухие закрытые поры исключают проникновение пара или воды внутрь материала. Даже находясь под водой, он поглощает очень незначительное количество влаги.
- *Низкая биологическая активность.* Пенополистирол (ПСБ-С) не усваивается животными и микроорганизмами, поэтому не используется ими в качестве корма и не создает питательной среды для грибков и бактерий.
- *Высокая устойчивость к коррозии.* Пенополистирол обладает высокой стойкостью к различным веществам, включая морскую воду, солевые растворы, известь, цемент, гипс, ангидрид, щелочи, разведенные и слабые кислоты, мыла, соли, удобрения, битум, силиконовые масла, спирты, клеящие, водорастворимые краски.
- *Огнестойкость.* Пенополистирол относится к группе сгораемых материалов. Все марки производимого пенополистирола содержат антипирен, придающий материалу свойство самозатухания. Количество выделяемой тепловой энергии при горении с участием пенополистирола ниже, чем у древесины в 7 раз.
- *Долговечность.* По данным исследований, проведенных в Научно-Исследовательском Институте строительной физики (г. Москва) по специальной методике с температурными колебаниями от -40 0 С до +40 0 С и выдерживанием в воде, пенополистирол может использоваться без потери первоначальных физических свойств не менее 80 лет.
- *Экологичность.* Заключение Московского НИИ Гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана № 03/ПМ8 подтверждает, что при исследовании рекомендованных для строительства конструкций с применением пенополистирола, в пробах воздуха стирола не обнаружено. Во всем мире разрешено его применять как при строительстве, так и в контейнерах для пищевых продуктов.

Преимущества пенополистирола (ПСБ-С)

- Способность к формированию в сложные формы.
- Высокая прочность на сжатие при низкой плотности.
- Низкая динамическая жесткость, обеспечивающая качественную изоляцию от ударного шума.
- Хорошие тепловые свойства: - низкая удельная теплопроводность – низкое термическое расширение – структурная стабильность в диапазоне температур от -180 до 80 град.С.
- Низкая диффузия водяных паров и низкое водопоглощение.
- Сопротивление широкому ряду химических и иных сред.
- Стойкость к биологическому воздействию.
- Антипиренные свойства (огнестойкость).
- Плиты из пенополистирола, благодаря малому весу, легки в обращении и обработке, легко режутся; строительные конструкции можно склеивать при помощи цементных, гипсовых растворов, мастик.
- Изделия неядовитые, не имеют запаха и не образуют пыли.
- Экологически безопасен, т.к. при изготовлении применяют вещества и газы не опасные для окружающей среды и здоровья человека.
- Изоляционные материалы из пенополистирола (ПСБ-С) вот уже 30 лет применяют для теплоизоляции кровли, стен, потолков и полов в жилых и административных зданиях.
- Легкость обработки при помощи ручной пилы или ножа, низкий объемный вес, возможность склеивания с различными строительными материалами, простота механического крепления – несомненные достоинства пенополистирола (ПСБ-С).

Теплоизоляционные свойства пенополистирола (ПСБ-С) в сравнении с другими материалами

По действующим украинским строительным нормам толщина стен, одинаково препятствующих теплопотерям в здании, должна быть примерно:	
Железобетон	4 м 20 см;
Кирпич	2 м 10 см;
Керамзитобетон	90 см;
Дерево	45 см;
Минеральная вата	18 см;
Пенополистирол	12 см.

OSB

OSB – листы из прессованной крупной щепы, обладающие такими свойствами, как: прочность, экологичность и безопасность, универсальность в применении – для внутренней отделки, для производства мебели, для красоты Вашего дома. В производстве используется только высококачественная древесина (заготовленная в зимний период), обработанная антисептическими и антипиренными составами.

Существенным отличием плит OSB от других плитных материалов (влагостойкая фанера, ГВЛ, ЦСП), которые также используют для производства панелей, является то, что прочностные свойства и способность удерживать крепеж обеспечивают в данном случае не столько присутствием связующего, сколько характером распределения щепы. Плита состоит из послойно-перекрестно ориентированной щепы длиной до 140 мм, сочетающей в себе высокие показатели прочности и эластичности. Прямоугольные узкие щепки толщиной 0,5 - 0,7 мм и длиной до 140 мм укладывают в три слоя, причем щепы в наружных слоях плиты располагаются вдоль главной оси плиты, а во внутреннем слое - перпендикулярно главной оси. Процесс прессовки проходит в условиях высокого давления и высокой температуры. Ориентированно стружечная плита объединяет в себе отличные механические свойства с уникальными эксплуатационными характеристиками. Микроструктура спрессованной крупноразмерной стружки предохраняет края плиты от сколов при соединении и придает необходимую для распила жесткость. Распил может осуществляться обычным инструментом, предназначенным для обработки натуральной древесины. При сверлении плит OSB также подходят сверла, предназначенные для дерева твердых пород.

Благодаря свойствам OSB стеновые панели не подвержены впитыванию влаги и гниению. Разбухание при нахождении в воде в течение 24 часов составляет 17-25%, при этом материал не разрушается и сохраняет прочность. Это позволяет применять OSB для возведения опалубки.

Ровная поверхность возводимых стен из плит OSB не накладывает никаких ограничений на их внутреннюю и внешнюю отделку.

Таким образом, шурупы удерживаются не плотностью связующего, а этими многочисленными тонкими щепками, ориентированными в плоскости, перпендикулярной оси крепежных элементов.

Небольшие габариты модульных панелей SIP обусловлены стандартными размерами OSB-плит (2800x2070 мм). Толщина последних достигает 25 мм, чего вполне достаточно для обеспечения прочности панелей, пригодных для возведения стен, перекрытий и крыши.

Технические характеристики SIP

Предельная осевая нагрузка на наружную стену в зависимости от силы ветра [кг/м²]

Высота, L, мм	Ветровая нагрузка, w [кгс/м ²]											
	24,4			48,83			73,25			97,66		
Прогиб	L/180	L/240	L/360	L/180	L/240	L/360	L/180	L/240	L/360	L/180	L/240	L/360
2500	4082	4082	4082	2506	2506	2506	3452	3452	3452	3156	3156	3156

Расчетная нагрузка на панель перекрытия [кгс/м²]

Прогиб	Пролет				
	3050	3660	4270	4880	5490
L/360	340	236	172	122	95
L/240	454	358	259	186	141

Стены превышают на 12%, а перекрытия на 36% требования строительных норм для индивидуальных домов.

Расчетные характеристики панелей технологии EcoPan по звукоизоляции

общая толщина, мм	звукопоглощающий слой		расчетное значение изоляции	область применения
	плотность кг/м ³	толщина, мм		
148	25	100	44	Наружные и внутренние стены и перегородки
188	25	140	56	Наружные и внутренние стены и перегородки
248	25	200	74	Перекрытия, покрытия, кровля

Преимущества технологии ЭкоПан

- **Прочность.** SIP за счет монолитного склеивания выдерживает вертикальную нагрузку 10 тонн на 1 панель шириной 1,25м и поперечную нагрузку 2 тонны на 1 м.кв. (для строительства коттеджей достаточно 350кг на 1 м.кв.). В Америке и Канаде из подобных конструкций возводят дома в 5 этажей. СНиП ограничивает этажность зданий, возводимых из деревянных конструкций до двух этажей (запас прочности более чем достаточный). Такой коттедж сможет выдержать землетрясение до 9 баллов или небольшой ураган.
- **Экологическая безопасность дома.** Применение в панелях, используемых для строительства коттеджей, синтетических смол в качестве связующего, состоящих из собственно смолы, наполнителя и отвердителя, позволяет производить экологически безопасную строительную плиту. Применение синтетического воска обеспечивает высокое качество продукции. Добавление соли борной кислоты увеличивает защитные свойства плиты. По заключению «Центра гигиены и эпидемиологии в Калужской области» SIP не содержат таких веществ как: стирол, формальдегид, фенол, толуилендиизоцианат, бутанол, этилацетат.
- **Пожарная безопасность дома.** Материалы, используемые при производстве SIP для строительства коттеджей, имеют сертификаты пожарной безопасности. Пенополистирол исполь-

- зуется самозатухающих марок (т.е. не горит самостоятельно, без воздействия пламени).
- Долговечность дома. Расчетный срок дома не менее 80 лет.
 - Возможность строительства в любое время года.
 - Высокие темпы строительства.
 - Высокие теплоизоляционные свойства конструкции (в 8 раз теплее кирпичных и бетонных) и относительно низкой толщиной стен. При этом конструктивно они примерно в 4 раза прочнее деревянно-каркасных.
 - Легкость конструкции, что уменьшает нагрузку на фундамент и позволяет значительно удешевить его.
 - Дом из SIP обладает высокой сейсмостойкостью. Такой дом можно сравнить с системой жестко связанных коробок, которую разрушить крайне непросто.
 - Возможность выполнения сложных конструктивных решений с минимальными затратами.
 - Расходы на обогрев такого здания минимальны, что позволяет обеспечить одновременно полноценное и экономичное отопление здания при отсутствии природного газа электричеством.
 - Дома, построенные по данной технологии, могут эксплуатироваться в температурном диапазоне от -60°C до $+70^{\circ}\text{C}$, обеспечивая при этом комфортабельное проживание. Теплотехнический расчет стеновых панелей для Украины дает такие результаты: толщина каждого слоя ОСП должна составлять 12 мм, толщина пенополистирола - 120 мм. При этом сопротивление теплопередаче равно $3,758 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{C})$. Как видно из приведенных данных, энергоэффективность стены из предлагаемых панелей не только соответствует требованиям СНиПа, но и превышает их. Теплосберегающие свойства стены толщиной 144 мм, выполненной по предлагаемой технологии, соответствуют кирпичной кладке в 2,9 м.
 - Каркасный дом дает возможность убрать все коммуникации внутрь стен;
 - Каркасная технология не требует использования какого-либо тяжелого монтажного оборудования, минимизирует трудозатраты.

Недостатки применения SIP

Дом из панелей SIP «дышит» хуже, чем кирпичный или деревянный, поэтому в нем необходима система вентиляции, а еще лучше - система климат-контроля. К сожалению, этот пункт расходов увеличивает стоимость такого жилья, однако не составляет проблем в подборе оборудования.

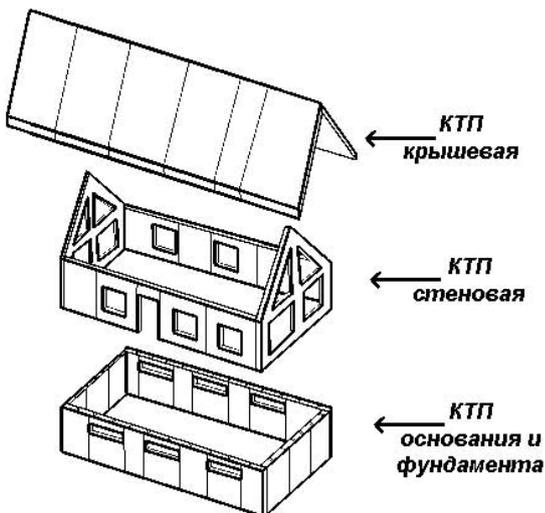


Рис. 2. Расположение конструкционных теплоизоляционных панелей

Прокладывание инженерных коммуникаций

Распространенный способ монтажа проводов и кабелей - их укладка в полости каркасных перегородок. Для этого в стенах предусматривают монтажные, ответвительные и распределительные коробки и оставляют специальные каналы для рукавов с проводами. Возможна и наружная прокладка коммуникаций всех видов.

По тому же принципу, что и электрика, в доме монтируют сантехнику. Коммуникации первого этажа прокладывают в зависимости от устройства пола. При отсутствии цокольного этажа их помещают в грунт. При утепленном цоколе канализационные и водопроводные трубы можно также крепить к балкам пола. Трасса труб внутри дома проходит в межкомнатных

перегородках. В южных районах коммуникации нередко монтируют снаружи здания и заводят внутрь по стене. Возможно устройство теплых полов, как электрических, так и водяных.

Внутренняя отделка

Конструкция стен позволяет реализовать любые традиционные и современные технологии отделки. Однако предпочтительнее использовать сухие процессы, без выполнения стяжек, ведения кладочных работ, применения штукатурки. Это сокращает сроки ввода дома в эксплуатацию. Межкомнатные перегородки облицовывают гипсокартоном, цементно-стружечной или OSB-плитой. Поверх панельного пола настилаются чистовые покрытия любого типа. Стены и потолки можно не только окрашивать, но и оклеивать обоями, обшивать доской.

Подготовка под окраску предполагает оклеивание стыков малярной лентой, шпаклевку и шлифование поверхностей. Такие работы требуют на порядок меньше времени, чем на отделку кирпичного здания. Выбор материалов и стилистика внешней произвольна (сайдинг, плитка, доска-блокхаус, камень, штукатурка). Возможно облицевать фасад панельного дома кирпичом. Стену из лицевого кирпича выкладывает на общей с панелями ленте фундамента. Между кладкой и панелями оставляют вентилируемое пространство (10 см).

Совершенствование строительства деревянных домов каркасной конструкции в будущем может установить стандарты эффективности производства и доступности жилья. Эта технология позволит строить в Украине долговечные, комфортабельные и обеспеченные рациональным использованием энергии жилые дома. Разработки в этой области позволяют обеспечивать эффективное использование энергии, долговечность зданий и высокое качество воздуха в помещениях.

ВЫВОДЫ

Технология ЭкоПан позволяет строить здания высотой в два этажа, которые соответствуют высоким стандартам. Использование данной технологии обеспечивает пожарную безопасность дома, долговечность, высокие теплоизоляционные свойства конструкции, высокие темпы строительства. Дома возведенные по технологии ЭкоПан обладают сейсмостойкостью. Они в состоянии выдержать землетрясение в 9 баллов или ураган. Построенные по данной технологии дома требуют механической вентиляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витте Н.К. Тепловой обмен человека и его гигиеническое значение. - Киев: Госмедиздат, 1956.-134с.
2. Горомосов М.С. Микроклимат жилищ и его гигиеническое нормирование - М: МЕДГИЗ, 1963. – 134 с.
3. www_10mm_ru.htm.
4. www.nicopan.com.ua.
5. www.ecopanteh.com
6. www.midwest.ru

Раздел 2. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость

удк: 699.841

Мартынов Н.В., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства.

Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты с программным изменением силового воздействия на базе динамических гасителей колебаний плавающего типа

В рамках общего анализа технических, эксплуатационных и стоимостных возможностей всех активных систем сейсмозащиты строительных объектов, исследуются положительные и отрицательные моменты систем с программным изменением силового воздействия на базе использования динамических гасителей колебаний плавающего типа.

землетрясения, интенсивность, система, строительный объект, динамические гасители, амплитуда, воздействие, внутреннее трение

Динамические гасители колебаний строительного объекта плавающего типа представляет собой инерционную массу, динамически скользящую или перемещаемую по перекрытию в уровне верха здания или сооружения (рис. 1, а). В динамический процесс колебаний системы гаситель включается импульсно за счет инерционного рывка или удара и, тем самым, он обеспечивает уменьшение амплитуды колебаний непосредственно на объект защиты [1-5].

В простейшем представлении такой гаситель состоит из массивного, инерционного блока 2, опор качения или скольжения (пластины с достаточно низким коэффициентом трения) 3 и бойного приспособления 4 (рис. 1, а). При этом инерционный блок 2 располагается в уровне верха строительного объекта и опирается на перекрытие 5 через опоры качения или скольжения 3, а бойное приспособление 4 устанавливается между инерционным блоком 2 на несущих конструкциях строительного объекта 1, в которые и приходится удар динамически подвижной инерционной массы 2. Требуемое затухание в гасителе обеспечивается за счет сил трения качения или трения скольжения в опорах 3, возникающих при относительных перемещениях динамически подвижной инерционной массы гасителя.

Рассмотрим сказанное на примере конструктивного решения двух вариантов ударного и одного инерционного гасителя плавающего типа.

Так, в соответствии с техническим решением по а.с. СССР № 761675, с целью обеспечения возможности эффективного гашения колебаний гибких сооружений с большой амплитудой и низкой собственной частотой, инерционная масса 2 гасителя устанавливается на опорах качения 3 в виде шаров. При этом опорные шары 3 размещают в специальных, шаровых углублениях 5, имеющих форму поверхности вращения с положительной гауссовой кривизной. В качестве альтернативных вариантов реализации идеи шаровые углубления 6 могут быть выполнены как на нижней части динамически подвижной инерционной массе 2 (рис. 1, б), так и на верхней части плиты перекрытия 5 (рис. 1, в), на которой размещены опоры качения. Между защищаемым строительным объектом 1 и инерционной массой 2 размещаются демпфирующие устройства 7.

Размеры и количество шаров определяется контактными напряжениями

на поверхности шаров или опорных поверхностях, однако их количество не может быть менее трех.

Гашение колебаний происходит за счет перемещения инерционной массы 2 на шаровых опорах 3 по поверхности углублений 6 в противофазе с колебаниями сооружения. Выполнение формы углублений в виде поверхности вращения с положительной гауссовой кривизны создает постоянную настройку гасителя, не зависящую от амплитуды колебаний.

Рассеивание энергии осуществляется демпфирующими устройствами 7, имеющих линейно-жесткую характеристику, например, гидравлическим демпферами.

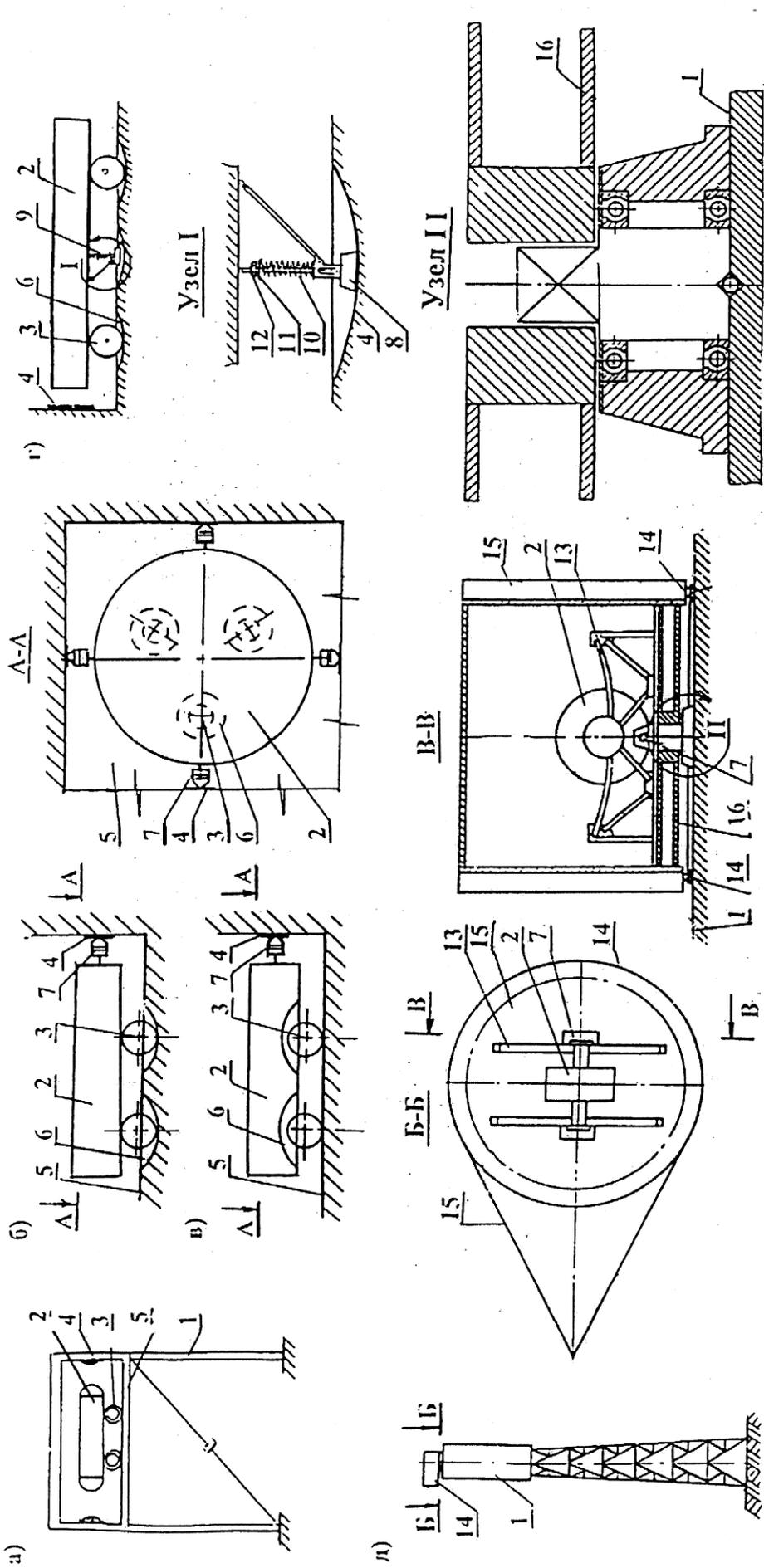


Рис. 1. Конструктивные примеры динамических гасителей колебаний зданий и сооружений плавающего типа

а) общая схема; варианты гасителя по а.с. СССР: б) № 761675 в) № 1141169 (Все М. кл. E04 B1/98); 1 – строительный объект, 2 – инерционный блок (масса), 3 – опоры скольжения или качения, 4 – опорная, горизонтальная площадка, 5 – бойное приспособление, 6 – шаровые углубления, 7 – демпфирующее устройство, 8 – демпфирующий башмак, 9 – устройство регулировки поджатия башмака, 10 – пружина, 11 – упорная шайба, 12 – гайка, 13 – криволинейные и 14 – кольцевые направляющие, 15 – обтекатель, 16 – поворотная платформа.

Так как опоры качения выполнены в виде шаров, а углубления имеют форму поверхности вращения с положительной кривизной, то гаситель эффективен при любом направлении колебаний сооружения.

При размещении массы гасителя на высотных сооружениях с малой базой инерционную массу 2 выполняют в виде кольца, а опорное перекрытие 5 – консольным снаружи сооружения с зазором, превышающим перемещение массы. Выполнение массы гасителя в виде кольца позволяет устанавливать ее не внутри сооружения, снаружи его. Это дает возможность эффективно использовать внутренний объем сооружения, например, для установки оборудования. Кроме этого, такая конструкция гасителя эффективна для сооружения значительной высоты, так как снимает ограничение на значение инерционной массы. С другой стороны, в рассматриваемом варианте гасителя имеется целый ряд существенных недостатков.

Учитывая тот факт, что смазка оказывает существенное влияние на изменение вида трения, а значит и параметров трения, обязательно следует предусматривать конструктивные мероприятия, предотвращающие возможность попадания по контакту опоры скользящей смазки и выпадения конденсата.

Учитывая время эксплуатации строительных объектов, измеряемое многими десятилетиями и даже столетиями, то обязательно следует учитывать отложение пыли по поверхности шаровой опоры и опорных поверхностях, способной со временем изменять значение трения. Вследствие чего, следует либо предусматривать средства по ограничению пылевых отложений, либо требуется организовать доступ для уборки пыли, соответствующее оборудование и специалистов, что повысит стоимость использования гасителя колебаний.

При значительном наклоне опорной поверхности шарообразного углубления 6 за счет роста трения, связанного с наклоном опорной поверхности, либо динамически подвижный инерционный блок 2 начнет скользить по шаровым опорам 3, либо шаровые опоры начнут скользить по опорной поверхности 5 (плите перекрытия). Вследствие чего, вместо трения качения будет иметь место трение скольжения. Так как конструктивно системы скольжения много проще, дешевле в изготовлении и эксплуатации, чем системы качения, то их использование является предпочтительным.

Конструктивно схоже с рассмотренным вариантом гасителя плавающего типа выглядит и техническое решение по а.с. СССР № 757661. Отличаются они друг от друга лишь конструктивным исполнением демпфирующего устройства, которое с целью повышения эффективности гасителя в работе выполняют в виде демпфирующего башмака 7, снабженного прижимной пружиной 8 с упорной шайбой 9 и гайкой 10 для обеспечения регулировки усиления поджатия башмака к опорной поверхности углубления 4. Кроме этого, демпфирующие рабочие поверхности башмака 7 с контактирующей опорной площадкой выполняют криволинейными из фрикционного материала, в качестве которого авторами идеи предлагается использовать сплав «феррадо».

Конструктивно башмак 7 может быть прикреплен либо к инерционной массе 2, и тогда его рабочая поверхность контактирует с поверхностью плиты перекрытия 5, либо башмак 7 может быть прикреплен к перекрытию 5. и тогда его рабочая поверхность контактирует с инерционной массой.

Для обеспечения эффективной работы гасителя в холодное время года в углублениях площадки 6 определены отверстия для стока воды.

К сожалению, нововведения данного технического решения не отменяют и не исправляют недостатков ранее отмеченных недостатков гасителей плавающего типа. Существенная конструктивная схожесть систем между собой ведет к одним и тем же недостаткам.

Техническое решение по а.с. СССР № 11411169 является вариантом развития идеи инерционного гасителя плавающего типа, целью которого является повышение его эффективности в работе. При этом, гаситель колебаний наряду с инерционной массой 2, включает в себя еще и криволинейные направляющие 13, определяющие траекторию движения инерционной массы и соединяющие ее со строительным объектом 1; демпфирующее устройство 7; защитной обтекатель 15; поворотную платформу 16, которая вместе с разменными на ней инерционной массой 2, направля-

ющими 13 и демпфирующим устройством 7 помещена в обтекатель 15. Поворотная платформа 16 может поворачиваться относительно оси сооружения 1 по кольцевым направляющим 14, расположенным на защищаемом строительном объекте 1.

При воздействии ветра на строительный объект 1 защитный обтекатель 15, конструктивно представляющий собой флюгер и прикрепленный к поворотной платформе 16 с установленным на ней гасителем, поворачивается вдоль направления ветра. В случае возникновения регулярных колебаний сооружения, например, «ветровой резонанс», гаситель колебаний начинает работать. Работа гасителя заключается в движении инерционной массы 2 по криволинейным направляющим 13 в противофазе с колебаниями строительного объекта 1. Происходит передача энергии от строительного объекта к инерционной массе гасителя колебаний. Амплитуда колебаний (перемещений) инерционной массы 2 гасителя становится равной амплитуде колебаний объекта 1. В результате чего строительный объект колеблется с меньшей амплитудой. Эффективность гасителя в существенной мере зависит от настройки гасителя. Баланс энергии поддерживается демпфирующим устройством.

Так как динамический гаситель колебаний конструкции помещен в обтекатель 15, поэтому влияние климатологических воздействий на его работе не сказывается. Благодаря взаимодействию с ветром обтекатель совместно с поворотной платформой 16 и установленным на ней гасителем колебаний поворачивается вдоль ветрового потока, а гаситель располагается в плоскости колебаний сооружения, вызванного этим потоком, что позволяет существенно повысить эффективность работы гасителя.

ВЫВОДЫ:

1. Достоинством гасителей плавающего типа является возможность пространственной защиты строительного объекта от негативных, сейсмических и импульсно-ветровых воздействий.
2. Их основным недостатком является восприятие вертикальной составляющей динамического воздействия.
3. Остальные недостатки у гасителей плавающего типа аналогичны маятниковым системам. Сказывается принадлежность гасителей к одному классу сейсмоизолирующих систем, а именно, к динамическим гасителям колебаний.

Таким образом, приходится признать, что и в данном случае эффективное использование гасителей колебаний плавающего типа в качестве средства сейсмозащиты не соответствует уровню решаемой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Елисеев С.В. Нерубко Г.П. динамические гасители колебаний. – Новосибирск: Наука, 1982. -144 с.
2. Немчинов Ю.И. и др. Опыт гашения колебаний конструкций и их элементов//Строительная механика и расчет сооружений. 1984- № 1. – с 68-70.
3. Рекомендации по проектированию гасителей колебаний для защиты зданий и сооружений, подверженных горизонтальным динамическим воздействием от технологического оборудования и ветра –М.: Стройиздат, 1978. 67 с.
4. Поляков В.С. К вопросу об эффективности динамического гасителя колебаний при сейсмических воздействиях.//Строительная механика и расчет сооружений. 19804- № 5. – с 49-53.
5. Поляков В.С. и др. Современные методы сейсмозащиты зданий/В.С. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. – М.: Стройиздат, 1989.-320 с.

Пересыпкин Ю.В., аспирант

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

К вопросу о сейсмостойкости малоэтажных зданий из мелкоштучных каменных материалов.

Приведены сведения о поведении зданий со стенами из мелкоштучных элементов на примерах отдельных землетрясений. Сформулированы общие выводы о сейсмостойкости данных зданий. Предложена расчетная модель для проведения исследований сейсмостойкости каменного здания.

Сейсмостойкость, каменные здания, усиление, расчетная модель.

Кирпичная кладка хорошо работает на действия сжимающих усилий и значительно хуже воспринимает растягивающие, сдвигающие и изгибные усилия. В отличие от обычных условий работы кладки, когда она, в основном, воспринимает статически действующие сжимающие нагрузки с небольшими эксцентриситетами, при сейсмических воздействиях в кладке стен возникают разнообразные сочетания динамических нагрузок (в том числе вызывающие изгиб, сдвиг и растяжение). Опыт землетрясений показывает, что при отсутствии или недостаточности мер, принятых для повышения сейсмостойкости каменных конструкций, кладка подвергается более или менее значительным повреждениям даже при сравнительно небольшой интенсивности землетрясений.

Поэтому, принимая во внимание, что объем применения кирпича и других мелкоштучных каменных материалов для стен еще достаточно велик в сейсмоопасных районах, следует признать, что вопросы повышения сейсмостойкости кладки имеют огромное значение.

Проанализируем сейсмостойкость зданий с кирпичными стенами на примерах отдельных землетрясений.

1. Землетрясение в Алма-Ате (бывшем Верном) в 1887 г. интенсивностью X баллов по шкале Росси-Фореля (оценено И. В. Мушкетовым). Кирпичные здания, в основном одно- и двухэтажные, очень сильно пострадали. Все дома из сырцового кирпича разрушились. Здания имели следующие недостатки: материал применялся низкого качества, фундаменты были неглубокими и выполнены на слабом растворе, подвальные помещения устраивались только для кухонь и кладовых, а в остальных местах отсутствовали. При последующем строительстве эти недостатки были учтены. Здания возводились с глубокими фундаментами, на прочных растворах и кирпиче, с устройством подвала под всем зданием [1].
2. Землетрясение интенсивностью X баллов по шкале ММ (магнитуда 7,5), произошедшее в Мессине, Реджо-ди-Калабрия и ряде небольших городов (о. Сицилия) 28 декабря 1908 г. вызвало массовое разрушение кирпичных зданий. Причинами этих тяжелых последствий, как и в других случаях, явились низкое качество работ и неблагоприятные грунтовые условия. Их стены были сложены из бутового камня на слабом известковом растворе. Крыши домов не имели надлежащей связи со стенами [1].
3. Одно из катастрофических землетрясений магнитудой 8,2 (по Рихтеру) и интенсивностью 9-10 баллов произошло 1 сентября 1923 г. в г. Канто (Япония). Материальный ущерб, вызванный этим землетрясением, исчисляется в сумме 3 млрд долларов. Из общего числа зданий, выполненных с несущими кирпичными стенами, примерно 10% было полностью разрушено, а 79% получили такие сильные повреждения.

Трещины в сохранившихся стенах были горизонтальными или же косыми наклонными (по штрабе). Такие трещины, по мнению японских специалистов, возникали от растяжения при изгибе. Кирпичные стены, в основном, разрушались в верхних этажах [1].

4. Землетрясение с магнитудой 8 и интенсивностью в эпицентрах IX-X баллов по шкале Росси-Фореля произошло 29 июня 1925 г. в Санта-Барбара (Южная Калифорния, США). По результатам обследования были сделаны выводы: 1) здания с хорошими бетонными фундаментами, заглубленными до 3 м и более, имели меньшие повреждения, чем здания с легкими свайными фундаментами; 2) хорошо выполненные конструкции зданий с кладкой на прочных растворах не получили больших повреждений; 3) здания со

стенами из керамики не обеспечивают надлежащую сейсмостойкость; 4) в кирпичных зданиях, при отсутствии надежной связи их стен между собой в обоих направлениях и с перекрытиями, наиболее характерным разрушением является падение стен наружу [1].

5.26 апреля 1966 г. в Ташкенте произошло землетрясение интенсивностью 7 - 8 баллов и магнитудой 5,1 с неглубоким очагом (глубина очага равна 8 км) под центральной частью города.

Старые одно- и двухэтажные постройки со стенами из сырцового или обожженного кирпича на глиняном или известковом растворе в эпицентральной зоне большей частью разрушились [1].

Сцепление в кладке было очень низким, кроме того, антисейсмические мероприятия отсутствовали. В большинстве случаев трещины были сквозными. На сплошных участках стен, в перемычках и простенках наблюдались косые трещины от действия горизонтальных сил, горизонтальные - от сдвига или изгиба и вертикальные - в местах сопряжения стен. Парапеты, карнизы, лоджии, портики и другие выступающие части зданий, как правило, обрушивались.

6. Карпатское землетрясение произошло 4 марта 1977 г. В районе больших повреждений было много зданий с сырцовыми и из обожженного кирпича стенами, без антисейсмических усилений, отличавшихся низким сопротивлением сейсмическим воздействиям. Особенно сильно пострадали также 1 - 2-этажные здания частной постройки [1].

Низкое сцепление кирпича и раствора, малая толщина стен – часто 25 см, отсутствие антисейсмических поясов при деревянных перекрытиях, плохая взаимная связь стен, часто сложная конфигурация плана здания, отсутствие симметрии в расположении жесткостей конструкций и их масс были причиной большого масштаба бедствия в селениях, где было 7-8 баллов.

7. Землетрясение в Армении с эпицентром в районе г. Спитак произошло 7 декабря 1988 г. [1].

Спитакское землетрясение развивалось в виде серии толчков. Средняя (фоновая) интенсивность основного - составляла: в Ленинакане - 8,5-9 баллов, в Спитаке - 9-10 баллов, в Кировакане и Степанаване - 8 баллов.

Основными причинами разрушения превратившихся в кучу обломков девятиэтажных зданий (по числу поврежденных они на первом месте) явились: низкое качество строительных работ; ошибки в конструкциях; сильное вертикальное воздействие, на которое эти здания, согласно действующих норм по сейсмостойкому строительству, не рассчитывались; резонанс между грунтом и зданием, так как период воздействия и период собственных колебаний зданий совпали и были в пределах 0,55-0,6 с.

Таковы сведения о поведении кирпичных зданий во время некоторых землетрясений интенсивностью от 7 до 10 баллов. Пользуясь этими данными, можно сделать некоторые общие выводы о сейсмостойкости зданий со стенами, выполненными из кирпичной кладки.

1. Последствия этих, а также других, здесь не описанных, землетрясений четко показывают, что среди различных конструкций зданий кирпичная и каменная кладки без усилений и при плохой монолитности подвергаются во время землетрясений наиболее тяжелым и массовым повреждениям. Это связано с тем, что при землетрясении в кладке возникают самые разнообразные сочетания нагрузок, включая наиболее неблагоприятные для нее динамические: изгиб, сдвиг и растяжение.
2. На сейсмостойкость кирпичной кладки сильно влияет качество материалов (раствора и кирпича), величина сцепления раствора с кирпичом, планировочное и конструктивное решение, плохое качество производства работ, а также грунтовые условия.
3. В связи с большим разнообразием усилий, возникающих в кладке стен во время землетрясений, в них возможно возникновение самых разнообразных повреждений (рис. 1). Косые трещины (1) возникают, в основном, на сплошных участках стен и широких простенках, по-видимому, в связи с недостаточным сопротивлением главным растягивающим напряжениям σ при одновременном действии вертикальных и горизонтальных сил S в плоскости стены. Горизонтальные трещины (2) возникают в простенках в связи с действием вертикальных нормальных напряжений σ_{ν} , формирующихся при одновременном действии нормальных и горизонтальных сил в плоскости стены и из плоскости стены. Вертикальные трещины (3), как правило, возникают в связи с действием касательных τ в плоскости сопряжения стен и нормальных к плоскости этих сопряжений напряжений, появляющихся при работе здания на изгиб под действием горизонтальных сейсмических сил.

В кладке возможно также перенапряжение от сжимающих усилий, в результате чего происходит ее раздавливание (4), однако, это наблюдается сравнительно редко.

4. Наряду с данными о сильных разрушениях кладки, происходящих при землетрясении, имеются сведения и о хорошо сохранившихся зданиях после землетрясения, что обычно связано с принятием строителями ряда мер для повышения сейсмостойкости зданий. В частности, отмечается повышенная сейсмостойкость армированной кладки и кладки с хорошим сцеплением.

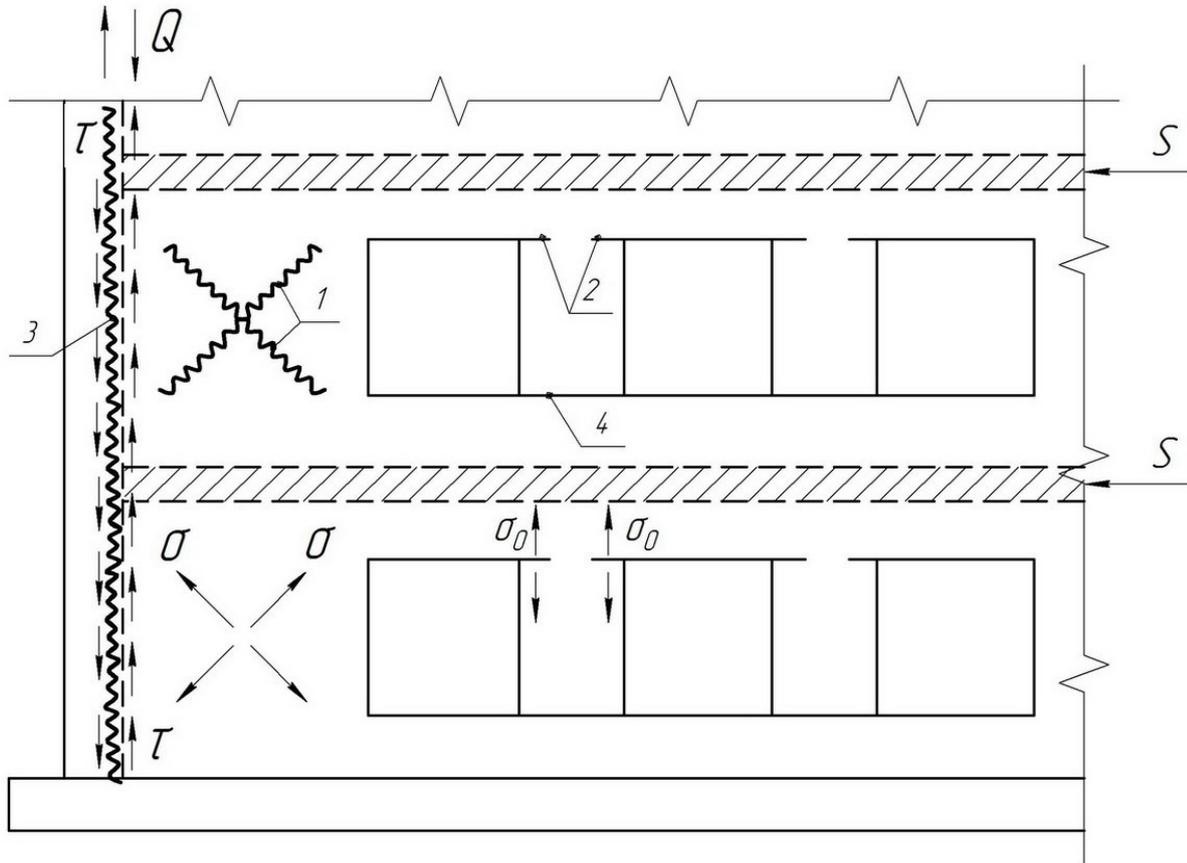


Рис. 1 Образование трещин при землетрясении в простенках кирпичного здания.

1,2,3 - косые, горизонтальные и вертикальные трещины; 4 – раздавливание кладки; S - горизонтальная сила; Q - сдвигающее усилие; σ , σ_0 и τ - главные растягивающие, нормальные и касательные напряжения.

Для проведения исследований сейсмостойкости каменного здания была сформирована модель в программном комплексе «Лира 9.4» [2, 3, 4, 5].

Габаритные размеры здания длина – 22 м, ширина 12 м, высота 6,6 м – 2 этажа по 3,3 м.

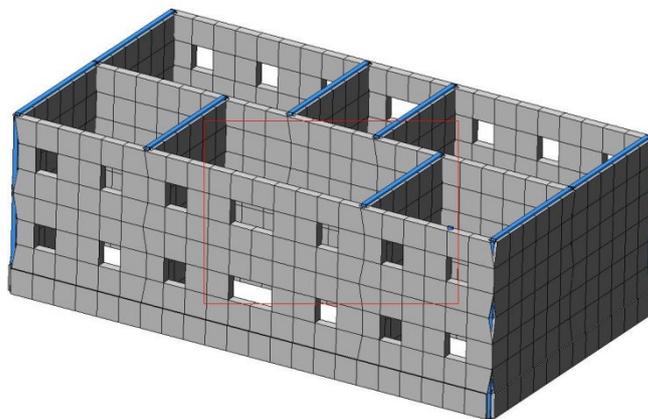


Рис. 2. Модель реконструируемого здания.

Перекрытие – деревянный настил плиты (плоский конечный элемент) с характеристиками

$t = 5$ см по деревянным балкам $b = 15$ см, $h = 25$ см. Принято шарнирное сопряжение балок со стенами и зазор между настилом и стеной 10 см.

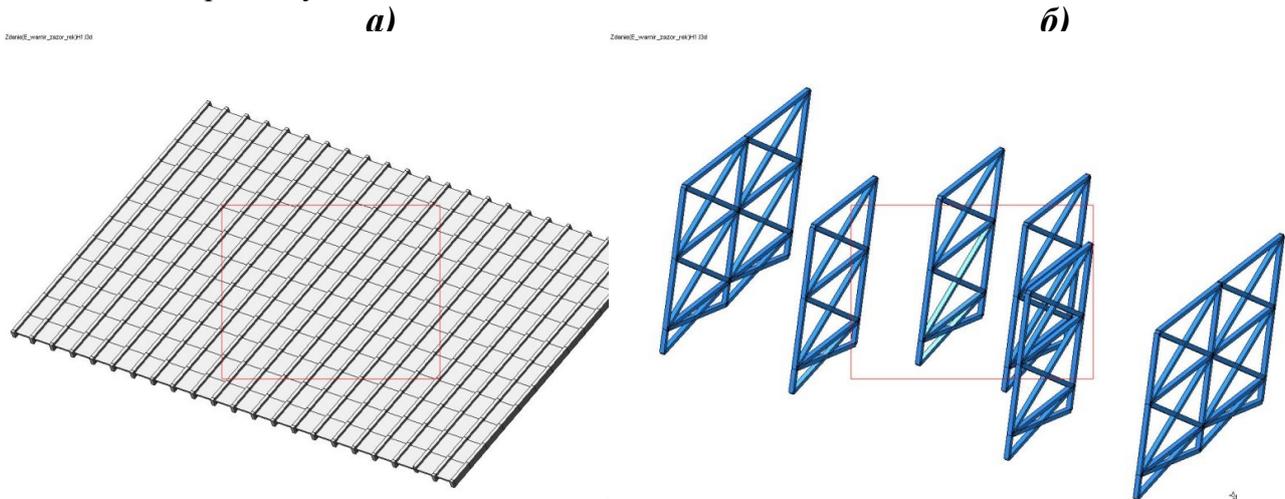


Рис. 3. Схема устройства перекрытия из деревянного настила по деревянным балкам с зазором и крестовых связей .

С целью повышения сейсмостойкости в модель здания были введены связи между перекрытием и несущими стенами, а в поперечные стены крестовые связи.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ разрушения зданий из мелкоштучных каменных элементов и выявлены закономерности разрушения.
2. Разработана модель здания из мелкоштучных каменной кладки с элементами усиления для изучения их влияния на сейсмостойкость здания. В основу положено типичное здание старой застройки из мелкоштучных элементов с перекрытием по деревянным балкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафаргалиев С.М. Сейсмостойкие каменные конструкции: Учебное пособие для ВУЗов. – Алма-Ата: Ана тілі, 1992.- 336 с.
2. ДБН В.1.1-12:2006 «Строительство в сейсмических районах Украины», Киев, Минстрой Украины, 2006.
3. Серия 0.00-2.96с. Повышение сейсмостойкости зданий. ЦНИИСК им. Кучеренко, Москва, Минстрой России, 1997.
4. Гензерский Ю.В., Куценко А.Н., Марченко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П. Лири 9.4. Приложение к учебному пособию Лири 9.2. – к.: Издательство НИИАСС, 2006. – 124 с.
5. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. Киев: издательство «Факт», 2005. – 344 с.

Родин С.В., к.т.н., доцент, Чеботарева Е.Г., студентка

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Проектирование двухслойных фундаментов под колонны каркасных зданий.

Приведен расчет центрально нагруженного фундамента по нормальным сечениям при равномерном, трапецеидальном и параболическом распределении контактных давлений по подошве фундамента, выполнен анализ полученных результатов.

Двухслойные фундаменты, «фундамент-основание», нормальное сечение, перераспределение усилий.

Большие возможности для создания прогрессивных облегченных конструкций открываются в связи с использованием, наряду с высокопрочными бетонами, легких бетонов, которые могут нести различную функциональную нагрузку. Поэтому многослойные конструкции нашли свое широкое применение в надземных конструкциях, в которых слой тяжелого бетона обеспечивает их высокую несущую способность, а слой легкого, имеющий высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики, может быть малопрочным, но в то же время обладать высокой трещиностойкостью и достаточно надежно защищать рабочую арматуру от коррозии. Но в фундаментах такие конструкции не нашли пока своего практического применения, что объясняется наличием малоизученных специфических особенностей их работы под нагрузкой: проявление дефектов структуры на границе слоев легкого и тяжелого бетонов, возможность образования магистральных трещин вокруг концентраторов напряжений, проникновение трещин из менее плотного в более плотный бетон, изменение механизма развития, траектории движения трещин, возможность развития контактных трещин, дефектов в слоях из тяжелого и легкого бетонов. Решение этих вопросов позволит создавать многослойные фундаменты, имеющие преимущества над однослойными, основными показателями которых являются рациональное использование свойств материалов, уменьшение материалоемкости конструкции, экономичность и технологичность возведения.

Проблеме проектирования двухслойных фундаментов посвящено изобретение [1] и патент Украины [2] – фундамент под колонну, включающий подколонник со стаканом и опорную плиту. Такие фундаменты выполняют сборно-монолитными, поэтому одной из основных особенностей является наличие строительных контактных швов, отрицательно сказывающихся на точности и технологичности их выполнения и надежности эксплуатации. Проводятся специальные исследования по выявлению эффективных способов по усилению контакта швов путем снятия цементной пленки, устройством шпонок, штраб и пр. В частности в [1, 2] предлагается выполнение основания выемки и основания подколонника соответственно с криволинейными впадинами и выступами, расположенными по концентрическим окружностям, а боковой поверхности выемки и нижней части подколонника – соответственно криволинейновогнутыми и криволинейновыпуклыми. Такое сопряжение подколонника с опорной плитой обеспечивает их совместную работу и повышает несущую способность фундамента.

Проектирование таких фундаментов требует наиболее точного определения особенностей напряженного состояния системы «фундамент – основание». Многочисленные исследования плитных конструкций фундаментов свидетельствуют о значительных запасах прочности в значениях опытных разрушающих нагрузок [3].

Поэтому данная работа посвящена уточнению расчета фундаментов по нормальным сечениям с учетом перераспределения усилий.

В соответствии с [4] расчет центрально нагруженных фундаментов необходимо вести, исходя из условия, что нормальные контактные давления распределяются равномерно по подошве фундамента. Однако доказано, что в реальных условиях равномерность давления по подошве характерна только для жестких фундаментов, а для гибких необходимо учитывать перераспределение давлений. При этом нормальные контактные напряжения в сечениях по обрезу фундамента и грани грузовой площадки подсчитывают по зависимости [5]:

$$p_{s1} = p_{sm} \pm \Delta p, \quad (1)$$

p_{sm} – среднее давление на грунт от расчетных нагрузок;

Δp – дополнительные нормальные контактные напряжения, являющиеся следствием перераспределения контактных давлений при неупругом деформировании фундамента.

Согласно [6], принимая пропорциональную зависимость между напряжениями в основании и осадками фундамента, описываемую моделью коэффициента постели, дополнительная ордината Δp определяется по следующей зависимости:

$$\Delta p = \frac{\Delta l_a P_1 (l - l_{on})}{0,56 h_0 S l}, \quad (2)$$

S – осадка фундамента, определяемая в соответствии с рекомендациями, изложенными в [4];

Δl_a – удлинение в арматуре с учетом ограничения ширины раскрытия трещин

($\Delta l_a = 0,04$ см – для фундаментов, расположенных выше уровня грунтовых вод;

$\Delta l_a = 0,03$ см – то же, ниже уровня грунтовых вод);

P_1 – продавливающая сила от внешних нагрузок;

l – длина фундамента;

l_{on} – длина грузовой площадки.

Также в [6] вводится дополнительная ордината эпюры контактных давлений q_2 на расстоянии длины проекции критической наклонной трещины k :

$$p_2 = p_1 + \frac{4\Delta p [0,5(l - l_{on}) - k]}{l - l_{on}} \quad (3)$$

Согласно [7] во всех случаях разрушения фундамента эпюра нормальных контактных напряжений от приближающейся к прямоугольной на первых стадиях деформированного состояния трансформируется в трапецевидальную, а на завершающих стадиях вплоть до разрушения – в криволинейно-выпуклую (параболическую).

Таким образом, рассматриваемая задача сводится к определению изгибающего момента в наиболее нагруженном сечении (I-I, рис. 1) в соответствии с [4], [6] и сравнению полученных вариантов.

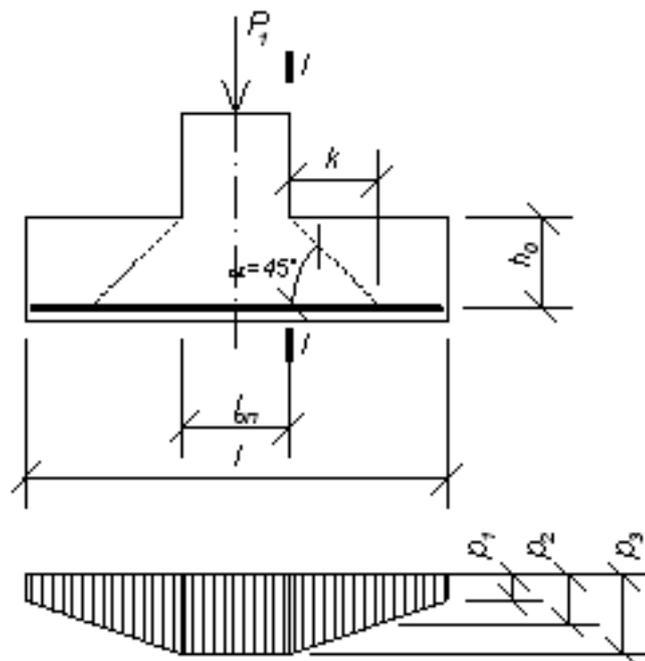


Рис. 1. Схема фундамента и эпюра контактных давлений

1. Расчет при равномерном распределении контактных давлений по подошве фундамента.

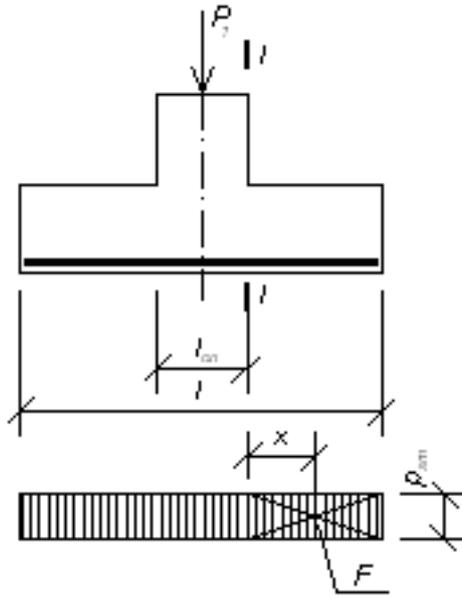


Рис. 2. К расчету при равномерном распределении контактных давлений по подошве фундамента

Изгибающий момент в сечении I-I:

$$M^I_{I-I} = Fx = p_{sm} \frac{(l-l_{on})}{2} \frac{(l-l_{on})}{4} = \frac{p_{sm}}{8} (l-l_{on})^2, \quad (4)$$

F – равнодействующая эпюры контактных давлений, расположенной справа от рассматриваемого сечения (рис. 2);

x – плечо равнодействующей эпюры контактных давлений, расположенной справа от рассматриваемого сечения (рис. 2).

2. Расчет при трапецидальном распределении контактных давлений по подошве фундамента.

Изгибающий момент в сечении I-I:

$$M^{II}_{I-I} = Fx \quad (5)$$

Для удобства дальнейших преобразований введем обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{l}{2} &= t; \\ \frac{l_{on}}{2} &= d \end{aligned} \quad (6)$$

Изгибающий момент в сечении I-I:

$$M^{II}_{I-I} = \sum M_i = M_1 + M_2 + M_3 = F_1x_1 + F_2x_2 + F_3x_3, \quad (7)$$

F_1, F_2, F_3 – равнодействующая эпюры контактных давлений, соответственно части 1, 2, 3 (рис. 3), расположенной справа от сечения I-I;

x_1, x_2, x_3 – расстояние от равнодействующей, соответственно F_1, F_2, F_3 , до рассматриваемого сечения (рис. 3).

Запишем уравнения для определения M_1, M_2, M_3 и полученные выражения подставим в (7):

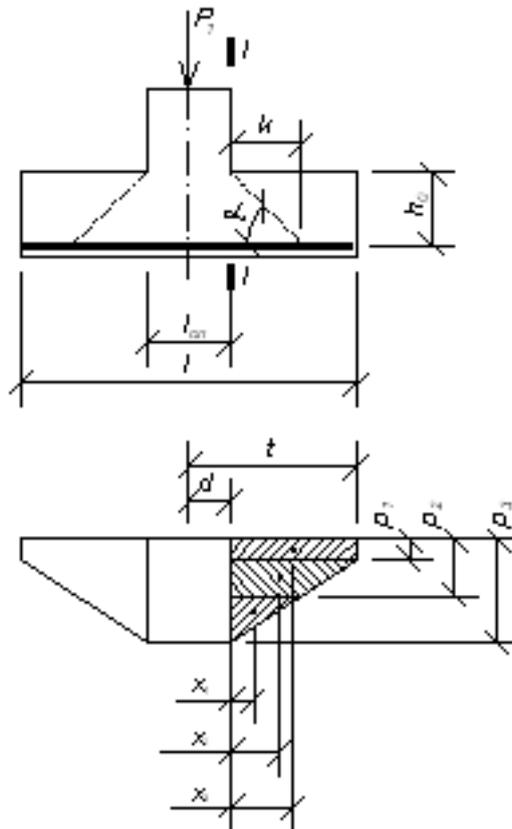


Рис. 3. К расчету при трапецидальном распределении контактных давлений по подошве фундамента

$$M_1 = \frac{1}{2}(t-d)^2 p_1; \quad (8)$$

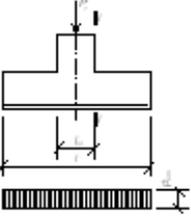
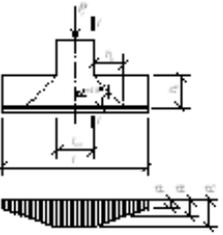
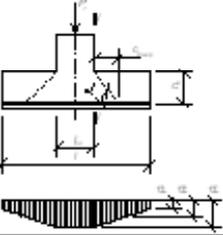
$$M_2 = \frac{p_2 - p_1}{8}(t-d+k)^2, \quad (9)$$

$$M_3 = \frac{p_3 - p_2}{6}k^2, \quad (10)$$

$$M_{I-I}'' = \frac{p_1}{2}(t-d)^2 + \frac{p_2 - p_1}{8}(t-d+k)^2 + \frac{p_3 - p_2}{6}k^2 \quad (11)$$

Согласно [3] горизонтальную проекцию наклонной трещины k необходимо назначать равной полезной высоте фундамента h_0 . В [6] доказано, что в реальных условиях длина проекции наклонной трещины значительно отличается от h_0 и приводится алгоритм ее расчета.

Для проверки рассматриваемых положений в полученные формулы были подставлены численные значения для центрально загруженных гибких фундаментов на песчаном основании. В первом случае рассматривался фундамент со стороной 1 м, в другом - 3 м. Анализ полученных результатов приведен в табл.

№ п/п	Эскиз фундамента с эпюрой контактных давлений	Расчетная формула	Экономический эффект, %	
			I вариант (размеры фундамента 1*1 м)	II вариант (размеры фундамента 3*3 м)
1	2	3	4	5
1		$M_{I-I}^I = \frac{P_{sm}}{8} (l - l_{on})^2$	-	-
2		$M_{I-I}^{II} = \frac{P_1}{2} (t - d)^2 + \frac{P_2 - P_1}{8} (t - d + k_0)^2 + \frac{P_2 - P_1}{6} k_0^2$	0,72	11,2
3		$M_{I-I}^{II} = \frac{P_1}{2} (t - d)^2 + \frac{P_2 - P_1}{8} (t - d + c_{накл})^2 + \frac{P_2 - P_1}{6} c_{накл}^2$	1,78	14,5

ВЫВОДЫ:

1. Проведенным теоретическим анализом определения изгибающих моментов в расчетных сечениях фундаментов и площади сечения рабочей продольной арматуры установлено, что расчет гибких фундаментов по нормальным сечениям с учетом перераспределения усилий по трапециевидальной эпюре контактных давлений по подошве фундамента в соответствии [6] при условии, что длина горизонтальной проекции наклонной трещины равна полезной высоте фундамента дает экономический эффект для первого варианта 0,72 %, для второго – 11,2 %; при учете рекомендаций, изложенных в [6] по расчету горизонтальной проекции наклонной трещины – 1,78 % и 14,5 %, соответственно. Наблюдается также тенденция к повышению экономического эффекта при увеличении размеров и гибкости фундамента.
2. Расчет по предлагаемой методике дает приближение рассчитываемой несущей способности нормальных сечений к фактической по сравнению с [3], что позволяет увеличить расчетные нагрузки на фундаменты или сократить материалоемкость, а также повысить надежность проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.В. Родин, А.Н. Тетиор, И.В. Редькин. Изобретение № 857360. Фундамент под колонну. – М.: ППП «Патент», 1981.
2. С.В. Родин, Д.С. Родин. Патент на корисну модель № 20119. Фундамент під колонну. – К.: ДП «Український інститут промислової власності», 2007.
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1986. – 82 с.
4. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.
5. А.С. Залесов, А.Н. Тетиор, С.В. Родин, А.М. Лехно. Прочность плитных фундаментов по наклонным сечениям. // Бетон и железобетон.-1987. - №10. – с. 45-46.
6. С.В. Родин. Расчет фундаментов с учетом перераспределения усилий. // Исследование и разработка методов расчета оснований и прочности фундаментов с применением нелинейных теорий деформирования. Межвузовский сборник. – Новочеркасск, изд. НПИ, 1984. – с. 62-67.
7. С.В. Родин, С.П. Жуков. Перераспределение нормальных контактных напряжений под фундаментами натуральных размеров. Межвузовский сборник. – Новочеркасск, изд. НПИ, 1986. – с. 43-46.

Синцов В.П., к.т.н. доцент; Митрофанов В.А., к.т.н. доцент
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Особенности проектирования зданий на крутом склоне в сейсмоопасных районах.

Рассмотрены вопросы проектирования зданий на крутом склоне с различными грунтами по глубине залегания. Разработаны расчетные модели зданий с различным конструктивным решением с учетом конкретных инженерно-геологических условий для пригорода г. Алушты.

Здания, склоны, колонна, балка, стена, фундамент, метод конечного элемента, расчетная модель.

Геология прибрежной зоны г. Алушты представлена наслоением различных по характеристикам грунтов, несущими из которых являются аргиллиты. Поэтому для предотвращения неравномерных осадок здания необходимо подошву фундаментов располагать на грунтах с одинаковыми физико-механическими характеристиками [1,2].

Для конкретного случая принята конструктивная схема с поперечными несущими стенами. Рассматривали два варианта конструктивного решения здания: 1-й вариант – здание выполнено из монолитного железобетона с опиранием на фундаментные подушки поперечных стен, и 2-й вариант – нижняя часть ниже отметки 0,00 м из монолитного железобетона, а выше отметки 0,00 м – здание с металлическим каркасом со стенами из пенобетонных блоков. На рис. 1а и 1б представлены расчетные модели 1-ого и 2-ого варианта [3,4].

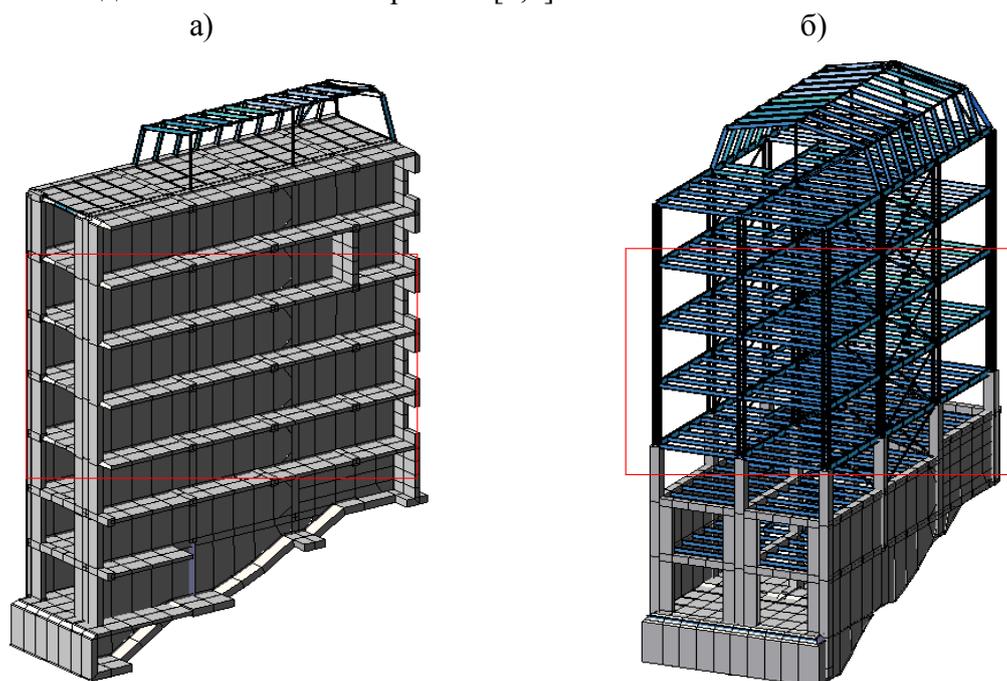


Рис.1. а) здание из монолитного железобетона; б) здание с комбинированной конструктивной схемой.

Для выявления степени влияния массы сооружения на напряженно-деформированное состояние (НДС) основания под зданием и размеров несущих элементов (подушек) фундаментов были разработаны две пространственные расчетные модели с использованием ПК «Лири 9.4». Прототипом сечений элементов и нагрузок для расчетных моделей приняты элементы здания по проекту, разработанному для условий г. Алушты с использованием прочностных и деформационных характеристик данного района строительства.

В качестве основного элемента для создания расчетной модели принят конечный элемент 41 – элемент для создания оболочки, балки-стенки и прочих пластинчатых конструкций, а для балок, колонн принят конечный элемент 10 с соответствующими жесткостными характеристиками [5].

Расчеты моделей проводили на нагрузки для жилого здания с учетом сейсмичности района строительства.

Ниже приведены рисунки с изополями вертикальных перемещений расчетных моделей с различной площадью опирания фундаментных подушек. Для уравнивания вертикальных перемещений изменяли площадь опирания фундаментных подушек. При этом учитывали необходимость достижения под подошвой фундаментов напряжений, не превышающих расчетных сопротивлений грунта.

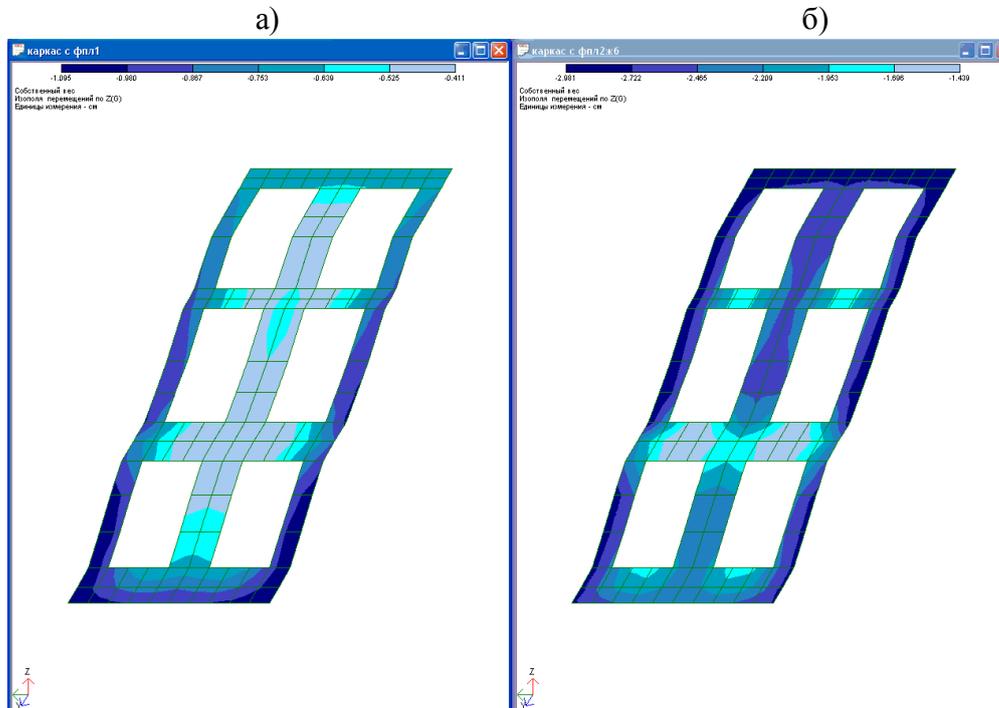


Рис.2. Изополя перемещений от собственного веса элементов конструктива: а) здание с комбинированной конструктивной схемой; б) здание из монолитного железобетона.

ВЫВОДЫ:

При создании конструктива здания, расположенного на крутом склоне, возможно использование ступенчатых фундаментов для грунтов I категории, а также для снижения нагрузки на основание рационально использовать смешанный конструктив по высоте здания – ниже отметки земли – железобетонный конструктив, выше отметки – металлический каркас с легким стеновым заполнением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. Минстрой Украины - К: 2006.
2. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмоопасных районах Украины. Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины - К: 2006.
3. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. Госстрой СССР - М.: ЦИТП, 1990.
4. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. Госстрой СССР.- М.: ЦИТП, 1985.
5. Пакет прикладных программ «Лира W. 9.4». К., НИИАС, 2004.

Раздел 3. Строительные материалы и изделия

УДК: 666.9: 691.511: 691.316

Любомирский Н.В., к.т.н., доцент, Локтионова Т.А., аспирантка, Бахтин А.С., аспирант
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Математическое моделирование процесса карбонизации известкового теста

Рассмотрены условия получения искусственного известкового камня контактно-карбонизационного твердения с использованием методов математического планирования эксперимента. Приведены уравнения регрессии зависимости исследуемых параметров от основных технологических факторов – давления прессования, влажности образцов, времени карбонизации. Выявлена степень влияния факторов в различном сочетании на характер прохождения процесса карбонизации.

Известковое тесто, карбонизация, математическое планирование эксперимента, рототабельный композиционный план, уравнение регрессии, давление прессования, влажность, поверхность отклика.

В последние десятилетия направления ресурсосбережения, экономии энергоносителей, рационального использования ископаемых, оборудования и др. стали приоритетными в области современных строительных материалов. Повышение требований к эксплуатационным, архитектурно-декоративным, экологическим характеристикам изделий вызывает необходимость создавать новые малоэнергоемкие технологии с использованием местной сырьевой базы. Одним из перспективных направлений является технология производства материалов на основе известки контактно-карбонизационного твердения. Ускорение твердения отформованных известковых изделий при обработке их углекислым газом открывает новые возможности в области безавтоклавного производства на основе портландитовых систем [1, 2].

Преыдушие исследования показывают [3, 4, 5], что изготовление карбонизированных образцов практически осуществимо, но технологический процесс требует регулирования ряда факторов. В частности было установлено большое влияние влажности на степень карбонизации исследуемых образцов. Вследствие того, что реакция карбонизации идет на границе «твердое тело – раствор – газ», интенсивность карбонизации определяется не только концентрацией углекислоты в воздухе и известки в растворе, но и оптимальной величиной этой пограничной поверхности, зависящей от влажности изделия, а также времени обработки CO_2 . Данные по исследованию совместного влияния указанных факторов на процесс карбонизации известкового теста в научной литературе отсутствуют.

Целью настоящей работы являлось определение оптимальных условий получения прочного и водостойкого искусственного камня на основе известки контактно-карбонизационного твердения на основании установления закономерностей совместного влияния основных технологических факторов – давления прессования, влажности, времени карбонизации, путем математического моделирования процесса карбонизации известкового теста.

Для изучения одновременного влияния влажности, давления прессования и времени на процесс карбонизации известкового теста был принят рототабельный центральный композиционный план (РЦКП) [7, 8, 9]. Рототабельные планы позволяют получать уравнения регрессии, предсказывающие значения выходной величины объекта с одинаковой точностью во всех направлениях на одинаковом расстоянии от центра плана. При количестве опытов $n = 3$ общее число точек рототабельного плана $N = 20$, значение радиуса «звездных точек» $\alpha = 1,682$.

В исследованиях использовали известку Мариупольского металлургического комбината. Активность известки составляла 62 %. Время гашения 120 с, температура гашения – 373 К. Для проведения экспериментальной части исследования путем контактного формования были изготовлены образцы-цилиндры диаметром 28 мм. Карбонизацию образцов осуществляли в специально разработанной установке с автоматическим управлением [6].

В качестве основных факторов, влияющих на физико-механические свойства карбонизированных образцов, были приняты:

- z_1 – давление прессования опытных образцов, МПа; z_2 – формовочная влажность известкового теста, %, мас.; z_3 – время карбонизации, с.

Условия планирования эксперимента приведены в табл.1.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
Давление прессования, МПа	z_1	5,0	7,5	10,0	2,5
Формовочная влажность, %, мас.	z_2	15	17,5	20	2,5
Время карбонизации, с	z_3	10800	21600	32400	10800

В качестве исследуемых параметров принимали:

- Y_1 – прочность при сжатии ($R_{сж}$), МПа; Y_2 – плотность образцов (ρ), г/см³;
 - Y_3 – толщина карбонизированного слоя (δ), мм; Y_4 – коэффициент размягчения, K_p .

Эксперимент повторяли трижды, а значение параметра оптимизации определяли как среднее арифметическое.

Уравнение регрессии для изучаемых свойств имеет вид:

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i z_i + \sum_{i,l=1}^n b_{il} z_i z_l + \sum_{i=1}^n b_{ii} z_i^2, (i < l) \quad (1)$$

Матрица планирования и экспериментальные данные представлены в табл. 2.

Оценки коэффициентов регрессии рассчитывали по следующим формулам:

$$b_0 = \frac{A}{N} \left[2(\lambda_4^*)^2 (n+2) \sum_{g=1}^N z_{og} y_g - 2\lambda_4^* C \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^N z_{ig}^2 y_g \right], \quad (2)$$

$$b_{ii} = \frac{A}{N} \left\{ C^2 [(n+2)\lambda_4^* - n] \sum_{g=1}^N z_{ig}^2 y_g + C^2 (1 - \lambda_4^*) \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^N z_{ig}^2 y_g - 2\lambda_4^* C \sum_{g=1}^N z_{og} y_g \right\}, \quad (3)$$

$$b_i = \frac{C}{N} \sum_{g=1}^N z_{ig} y_g, \quad (4)$$

$$b_{il} = \frac{C^2}{N\lambda_4^*} \sum_{g=1}^N z_{ig} z_{lg} y_g, \quad (5)$$

где

$$C = \frac{N}{\sum_{g=1}^N z_{ig}^2}, \quad (6)$$

$$A = \frac{1}{2\lambda_4^* [(n+2)\lambda_4^* - n]}, \quad (7)$$

$$\lambda_4^* = \frac{N \sum_{g=1}^N z_{ig}^2 z_{lg}^2}{\left(\sum_{g=1}^N z_{ig}^2 \right)^2}, \quad (8)$$

Уравнения регрессии исследуемых параметров имеют вид:
после карбонизации:

$$\hat{Y}_1 = 7,13 + 2,66z_1 + 0,82z_2 + 0,81z_3 - 0,08z_1^2 + 0,75z_2^2 + 0,41z_3^2 - 0,74z_1z_2 - 0,19z_1z_3 - 0,13z_2z_3; \quad (5)$$

$$\hat{Y}_2 = 1,380 + 0,076z_1 + 0,005z_2 + 0,018z_3 - 0,017z_1^2 - 0,005z_2^2 - 0,011z_3^2 - 0,011z_1z_2 - 0,003z_1z_3 - 0,001z_2z_3; \quad (6)$$

$$\hat{Y}_3 = 11,03 - 2,55z_1 - 3,14z_2 - 0,57z_3 - 1,10z_1^2 - 0,04z_2^2 - 2,34z_3^2 + 0,63z_1z_2 - 0,38z_1z_3 + 0,13z_2z_3; \quad (7)$$

$$\hat{Y}_4 = 0,57 - 0,07z_1 - 0,03z_2 - 0,03z_3 - 0,02z_1^2 + 0,05z_2^2 + 0,01z_3^2 + 0,02z_1z_2 + 0,01z_1z_3 + 0,01z_2z_3; \quad (8)$$

в возрасте 28 суток:

$$\hat{Y}_{1_{28}} = 12,5 + 3,88z_1 + 0,13z_2 + 1,36z_3 - 0,28z_1^2 - 0,49z_2^2 + 0,12z_3^2 - 2,00z_1z_2 + 0,64z_1z_3 - 0,66z_2z_3; \quad (7)$$

$$\hat{Y}_{2_{28}} = 1,403 + 0,070z_1 - 0,010z_2 + 0,010z_3 - 0,012z_1^2 - 0,029z_2^2 - 0,014z_3^2 - 0,020z_1z_2 + 0,017z_1z_3 + 0,010z_2z_3; \quad (8)$$

Значимость коэффициентов регрессии определяли с помощью критерия Стьюдента, эмпирическое значение которого:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S^2\{b_i\}}, \quad (9)$$

где $S^2\{b_i\}$ – дисперсия оценок коэффициентов регрессии, которую вычисляли по формулам:

$$S^2\{b_o\} = \frac{2A(\lambda_4^*)^2(n+2)}{Nm} S_{\text{ооc}}^2\{y\}, \quad (10)$$

$$S^2\{b_i\} = \frac{C}{Nm} S_{\text{ооc}}^2\{y\}, \quad (11)$$

$$S^2\{b_{ii}\} = \frac{A[(n+1)\lambda_4^* - (n-1)]C^2}{Nm} S_{\text{ооc}}^2\{y\}, \quad (12)$$

$$S^2\{b_{il}\} = \frac{C^2}{\lambda_4^* Nm} S_{\text{ооc}}^2\{y\}, \quad (13)$$

где $S_{\text{ооc}}^2\{y\}$ – генеральная дисперсия воспроизводимости:

$$S_{\text{соч}}^2\{y\} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N S_g^2\{y\}, \quad (14)$$

с числом степеней свободы: $\nu_{\text{зн}} = N(m-1)$,

где $S_g^2\{y\}$ – дисперсия наблюдений исследуемого параметра; N – число точек факторного пространства, в которых проводится эксперимент; m – число параллельных опытов в этих точках.

При 5 %-ном уровне значимости с $\nu_{\text{зн}} = 20(3-1) = 40$ степеней свободы $t_1 = 2,0211$.

Таким образом, с учетом значимости коэффициентов уравнения регрессии принимают вид: после карбонизации:

$$\hat{Y}_1 = 7,13 + 2,66z_1 + 0,82z_2 + 0,81z_3 - 0,08z_1^2 + 0,75z_2^2 + 0,41z_3^2 - 0,74z_1z_2 - 0,19z_1z_3 - 0,13z_2z_3; \quad (15)$$

$$\hat{Y}_2 = 1,380 + 0,076z_1 + 0,005z_2 + 0,018z_3 - 0,017z_1^2 - 0,005z_2^2 - 0,011z_3^2 - 0,011z_1z_2 - 0,003z_1z_3 - 0,001z_2z_3; \quad (16)$$

$$\hat{Y}_3 = 11,03 - 2,55z_1 - 3,14z_2 - 0,57z_3 - 1,10z_1^2 - 0,04z_2^2 - 2,34z_3^2 + 0,63z_1z_2 - 0,38z_1z_3; \quad (17)$$

$$\hat{Y}_4 = 0,57 - 0,07z_1 - 0,03z_3 - 0,02z_1^2 + 0,05z_2^2 + 0,01z_3^2 + 0,02z_1z_2 + 0,01z_1z_3 + 0,01z_2z_3; \quad (18)$$

в возрасте 28 суток:

$$\hat{Y}_{1,28} = 12,5 + 3,88z_1 + 1,36z_3 - 0,28z_1^2 - 0,49z_2^2 + 0,12z_3^2 - 2,00z_1z_2 + 0,64z_1z_3 - 0,66z_2z_3; \quad (19)$$

$$\hat{Y}_{2,28} = 1,403 + 0,070z_1 - 0,010z_2 + 0,010z_3 - 0,012z_1^2 - 0,029z_2^2 - 0,014z_3^2 - 0,020z_1z_2 + 0,017z_1z_3 + 0,010z_2z_3; \quad (20)$$

Для проверки адекватности уравнений регрессии рассчитываем дисперсии адекватности по формуле:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{m}{N-d} \sum_{g=1}^N \left(y_g - \hat{y}_g \right)^2, \quad (21)$$

где d – число членов аппроксимирующего полинома. Число степеней свободы $\nu_{\text{ад}} = N-d$,

Проверку адекватности описания объекта полиномом второго порядка производили с помощью F-критерия Фишера по формуле:

$$F = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{соч}}^2\{y\}}, \quad (22)$$

Для уравнений:

$$\hat{Y}_1(15)F_{P(\hat{Y}_1)} = 1,44; \quad \hat{Y}_2(15)F_{P(\hat{Y}_2)} = 1,58;$$

$$\hat{Y}_3(17)F_{P(\hat{Y}_3)} = 1,91; \quad \hat{Y}_4(18)F_{P(\hat{Y}_4)} = 1,61.$$

Критическое значение F_T критерия Фишера находили из таблиц [7] для каждого Y при заданном уровне значимости 5 %:

$$\text{для } \hat{Y}_1(\text{при } v_{zn} = 20(3-1) = 40; v_{zn} = 20-10 = 10)F_{T(\hat{Y}_1)} = 2,07 > F_{P(\hat{Y}_1)} = 1,44;$$

$$\text{для } \hat{Y}_2(\text{при } v_{zn} = 20(3-1) = 40; v_{zn} = 10-10 = 10)F_{T(\hat{Y}_2)} = 2,07 > F_{P(\hat{Y}_2)} = 1,58;$$

$$\text{для } \hat{Y}_3(\text{при } v_{zn} = 20(3-1) = 40; v_{zn} = 20-8 = 12)F_{T(\hat{Y}_3)} = 2,0 > F_{P(\hat{Y}_3)} = 1,91;$$

$$\text{для } \hat{Y}_4(\text{при } v_{zn} = 20(3-1) = 40; v_{zn} = 20-10 = 10)F_{T(\hat{Y}_4)} = 2,07 > F_{P(\hat{Y}_4)} = 1,60.$$

Таким образом, гипотеза об адекватности математической модели не отвергается.

Полученные алгебраические полиномы, моделирующие процесс карбонизации известкового теста при нормальной температуре, показывают, что наибольшее влияние на исследуемые параметры оказывает удельное давление прессования.

Из уравнения (15) следует, что повышение удельного давления прессования (z_1) приводит к увеличению прочности при сжатии карбонизированных опытных образцов. Влияние времени карбонизации (z_3) и влажности формуемой смеси (z_2) на увеличение прочности при сжатии практически одинаково, причем с увеличением данных факторов прочность увеличивается. Однако с течением времени, как показывает уравнение (19), значение влажности не оказывает значительного влияния на прочность. В плане совместного влияния нескольких факторов уравнение (15) показывает, что наибольшее значение оказывает взаимодействие удельного давления прессования и влажности формуемой смеси (z_1z_2), причем, граничные значения данных факторов влияют на снижение прочности. С увеличением срока выдерживания образцов влияние факторов (z_1z_2) увеличивается. Взаимодействие исследуемых факторов (z_1z_3) и (z_2z_3) в паре с фактором времени незначительно влияют на конечные показатели опытных образцов.

Уравнения регрессии (16), (20), моделирующие изменение средней плотности карбонизированных образцов от исследуемых факторов, показывают, что с увеличением давления прессования (z_1) и времени карбонизации (z_3) плотность возрастает, а увеличение начальной влажности (z_2) известковых прессованных образцов с течением времени приводит к уменьшению показателя плотности. Из взаимодействия факторов следует, что наиболее сильное влияние оказывает (z_1z_2), причем одновременное максимальное или минимальное значения давления прессования и формовочной влажности приводят к уменьшению значения плотности.

Толщина карбонизированного слоя (17) уменьшается с увеличением давления прессования и влажности. Значение коэффициента уравнения регрессии (z_3), в сравнении со значениями коэффициентов (z_1) и (z_2), значительно меньше. Это свидетельствует о том, что время карбонизации практически не влияет на толщину карбонизированного слоя. Наиболее значительными технологическими факторами остаются давление прессования и влажность образцов.

На значение коэффициента размягчения (18) наибольшее влияние оказывает давление прессования. Увеличение (z_1) приводит к уменьшению значения K_p . Коэффициенты регрессии влажности формовочной смеси и времени карбонизации влияют на значение K_p в равной степени.

Графическая обработка (рис. 1 – 4) полученных экспериментально-статистических моделей позволяет качественно и количественно оценить совместное влияние исследуемых факторов на параметры процесса карбонизации.

Поверхности отклика наглядно демонстрируют наибольшее влияние удельного давления прессования на течение процесса карбонизации известковых образцов. При увеличении давления прессования с 5 до 10 МПа прочность карбонизированных образцов возрастает 2,5 раза, плотность увеличивается на 18 %, а толщина карбонизационного слоя при этом уменьшается с 18 до 2 мм. Таким образом, контактное формование образцов с увеличением давления прессования позволяет получать более прочную и плотную структуру известковых образцов, однако глубина карбонизации незначительная.

Влажность формовочной известковой массы оказывает заметное влияние на выходящие параметры. Причем, если на значение прочности увеличение влажности сказывается положительно (при росте влажности с 15 до 20 % с минимальным давлением прессования прочность возрастает в среднем на 3 – 4 МПа), то для показателей плотности, толщины карбонизационного слоя и коэффициента размягчения возрастание влажности сказывается негативно. Наиболее оптимальной является влажность 15 – 17 %.

Как показывают графики влияние времени карбонизации наименее значительное по сравнению с другими факторами. Экспериментальные данные показывают, что наиболее интенсивно процесс карбонизации идет в течение первых 2000 – 4000 с и дальнейшее поглощение CO_2 образцами-цилиндрами, по сравнению с первоначальным, незначительно. Однако стоит отметить положительное влияние продолжительности времени карбонизации на рост прочности карбонизированных образцов. Так в частности при увеличении периода карбонизации с 1000 до 3500 с, давлении прессования 5 МПа и формовочной влажности 20 %, прочность возрастает в среднем на 1 – 3 МПа. С увеличением времени выдерживания опытных образцов в среде углекислого газа скорость карбонизации снижается. Очевидно это связано с тем, что более плотный карбонизированный слой препятствует доступу CO_2 вглубь образца.

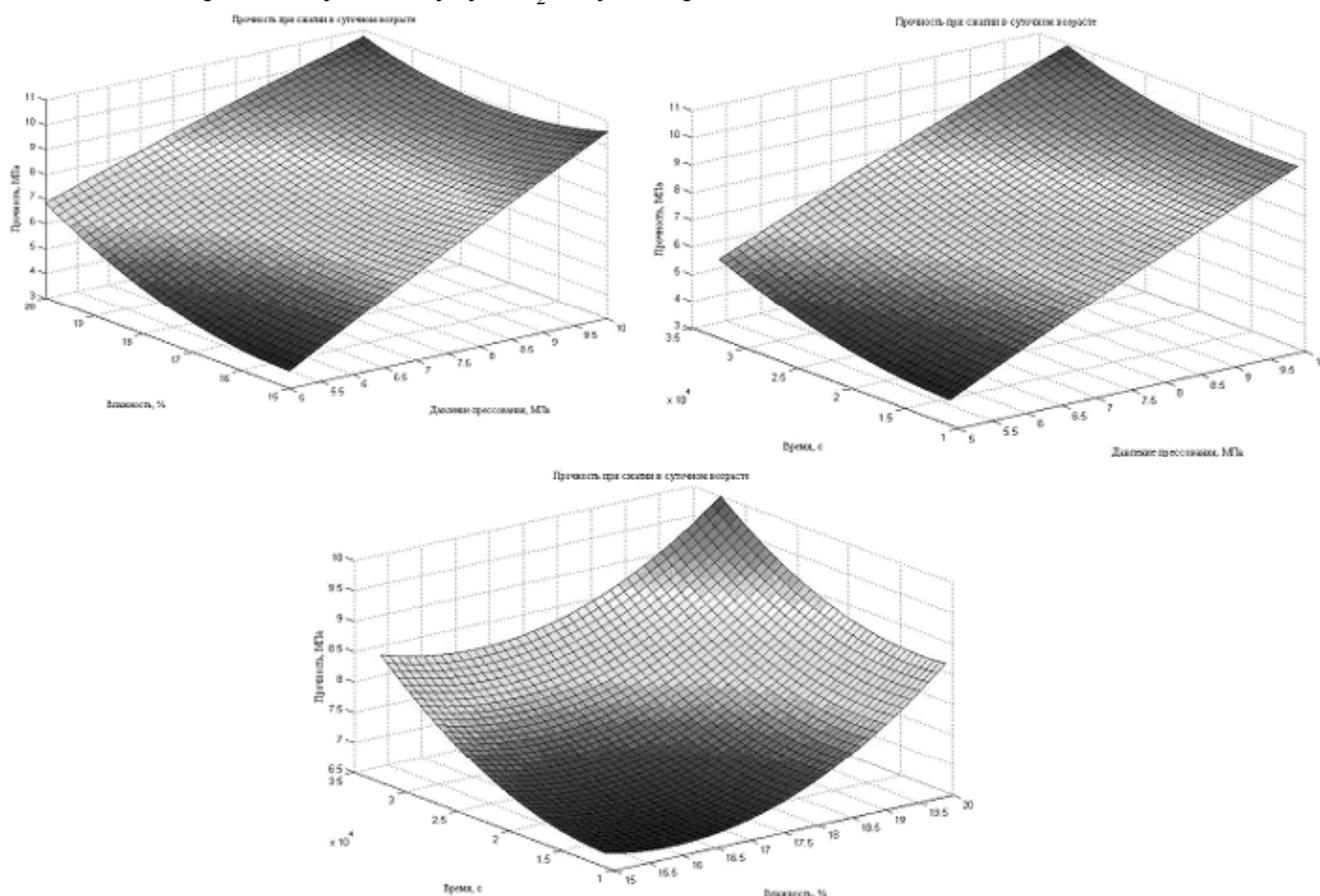


Рис. 1. Изменение прочности при сжатии образцов карбонизированных известковых после карбонизации в зависимости от совместного влияния исследуемых факторов в различном сочетании.

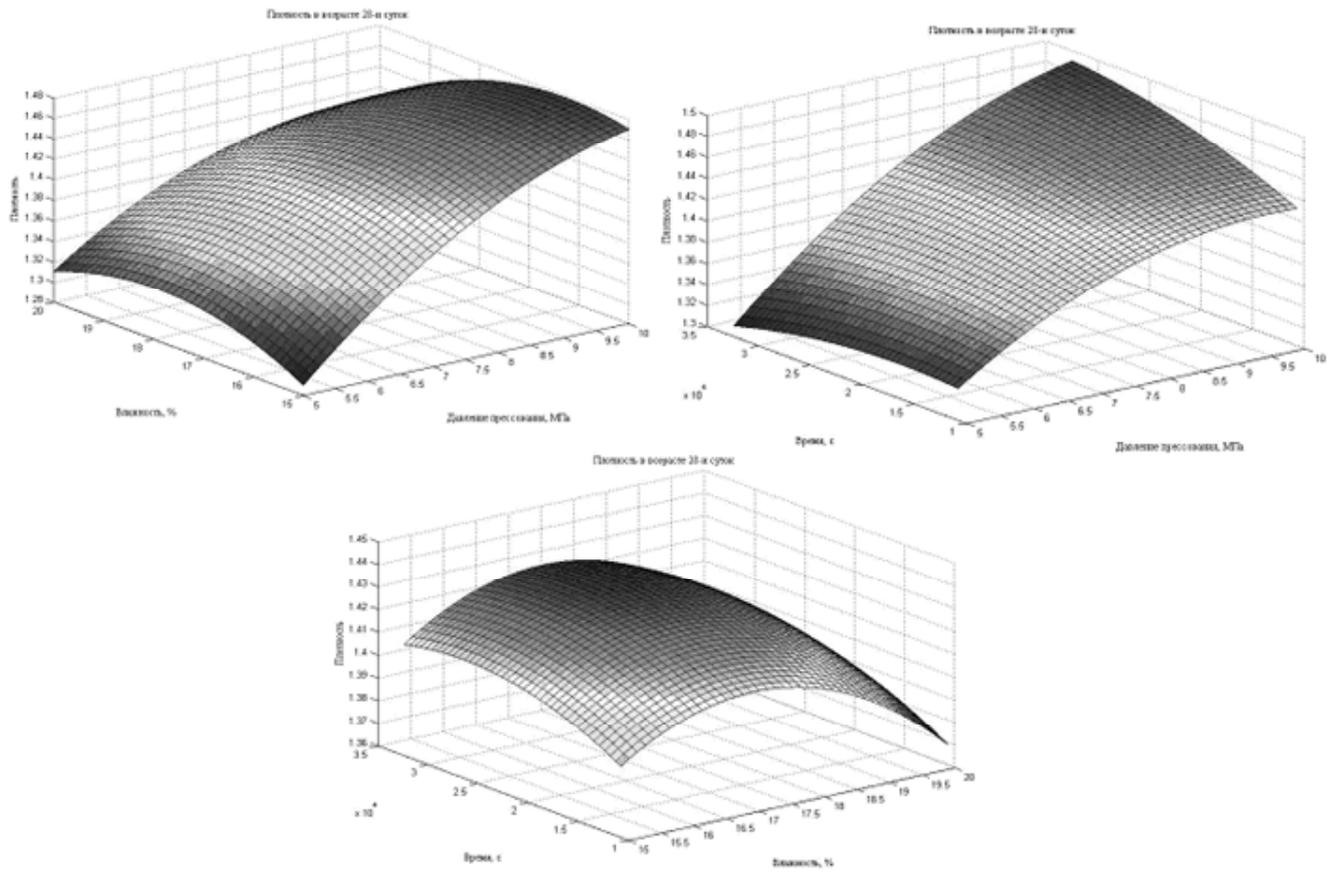


Рис. 2. Изменение средней плотности карбонизированных известковых образцов в возрасте 28 сут в зависимости от совместного влияния исследуемых факторов в различном сочетании.

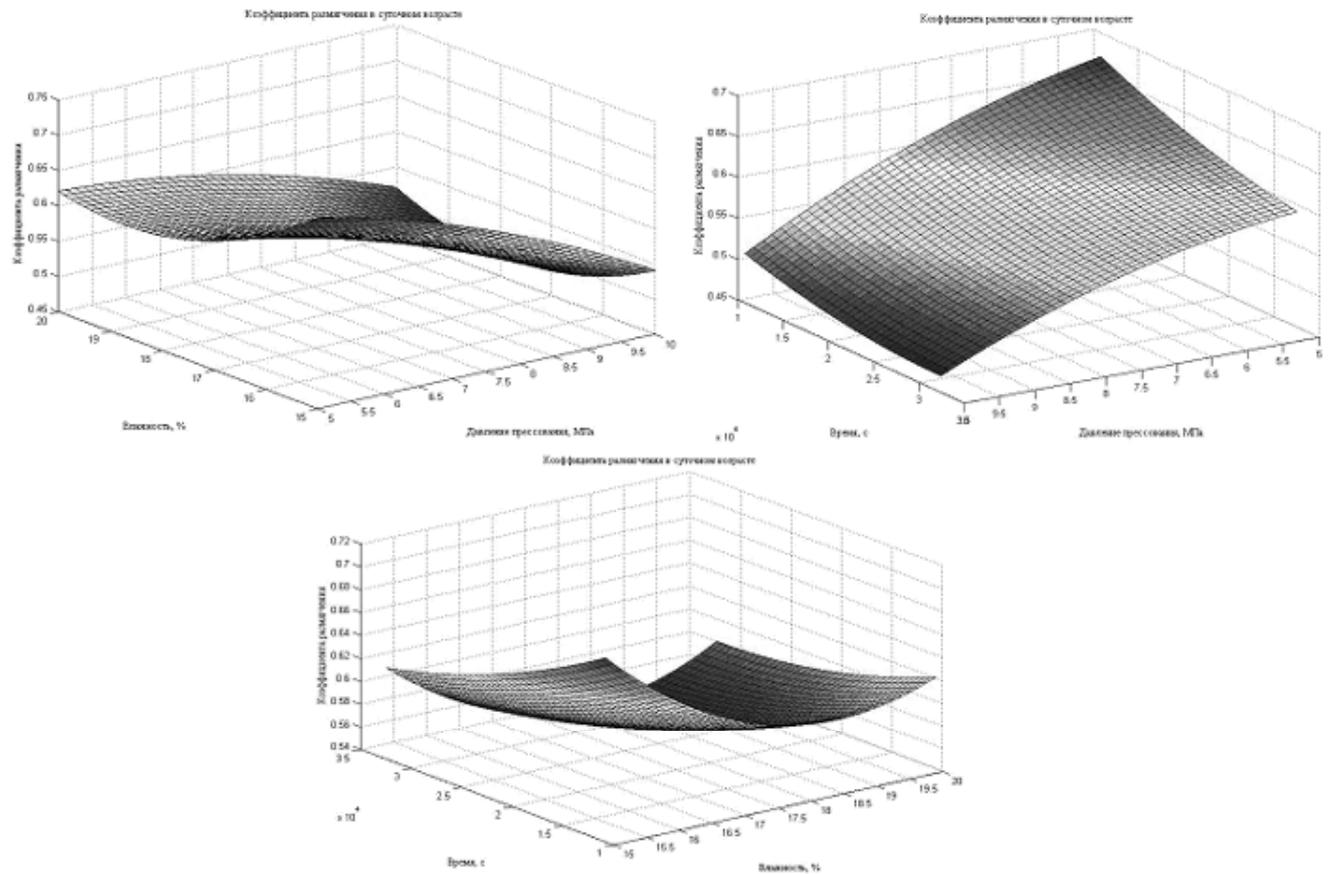


Рис. 3. Изменение коэффициента размягчения карбонизированных известковых образцов в возрасте 1 сут в зависимости от совместного влияния исследуемых факторов в различном сочетании.

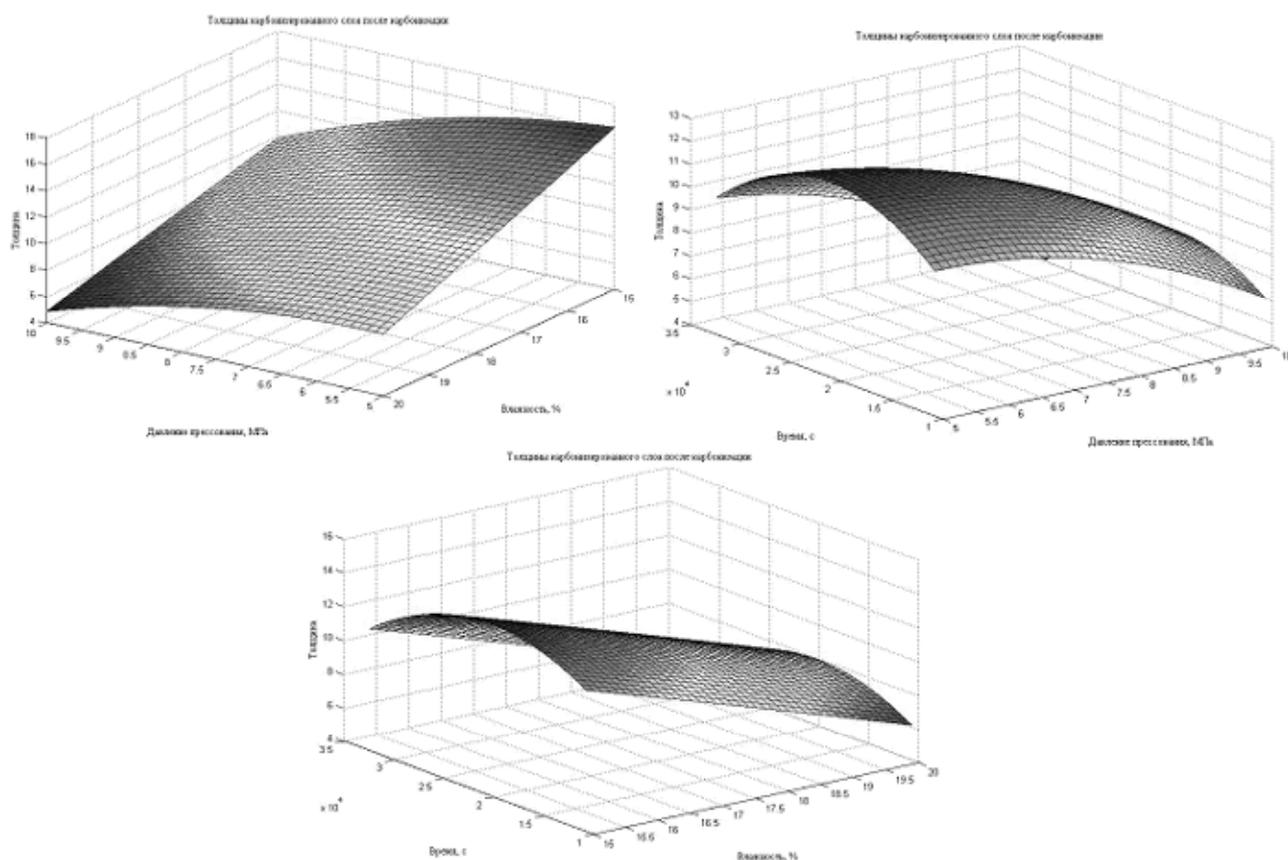


Рис. 4. Изменение толщины карбонизационного слоя карбонизированных известковых образцов в возрасте 1 сут в зависимости от совместного влияния исследуемых факторов в различном сочетании.

ВЫВОДЫ

1. Используя метод математического планирования эксперимента, получены уравнения регрессии, моделирующие изменение прочности при сжатии, плотности, водостойкости и толщины карбонизированного слоя известковых образцов-цилиндров в процессе искусственной карбонизации при нормальной температуре в зависимости от давления прессования, влажности известкового теста и времени карбонизации.
2. Установлено, что наибольшее влияние на конечные свойства опытных образцов оказывает удельное давление прессования и влажность известкового теста. С увеличением давления прессования и влажности снижается скорость поглощения углекислого газа известковым тестом, о чем свидетельствует уменьшение карбонизированного слоя.
3. Время выдерживания опытных известковых образцов в среде углекислого газа практически не влияет на исследуемые свойства. Установлено, что процесс карбонизации наиболее интенсивно протекает в первые 4000 с, а затем замедляется из-за наружного карбонизированного слоя, который препятствует проникновению CO_2 вглубь образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Локтионова Т.А. Перспективы развития известковой промышленности с созданием новых технологий получения искусственных строительных материалов на основе воздушной извести // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2006. – вып. 17. – С. 80–85.
2. Любомирский Н.В., Федоркин С.И. Научные и практические аспекты создания ресурсосберегающей технологии получения известковых каменных материалов карбонизированного твердения // Збірник наукових праць Луганського Національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007. – № 71(94). – С. 174–181.
3. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building // Rock Products. – 1956. – August. – P. 182–186.
4. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building // Rock Products. – 1956. – September. – P. 84–90.
5. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы // Сборник материалов Московского научно-технического совещания по жилищно-гражданскому строительству, строительным материалам и проектно-исследовательским работам. Том II. – М.: Московская правда, 1952. – С. 283–290.
6. Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести / Н.В. Любомирский, С.И. Федоркин, Т.А. Локтионова, В.Г. Носатов // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2007. – вып. 19-20. – С. 74–78.
7. Бородюк В.П., Вошинин А.П., Иванов А.З. и др.; Под ред. Г.К. Круга. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум). – М.: Высш. школа, 1983. – 216 с.
8. Грачев Ю.П. Математические методы планирования эксперимента. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.
9. Талишкин А.Г., Минкина Г.Л. Ортогональные и рототабельные центральные композиционные планы эксперимента: методические указания к выполнению лабораторных работ. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 39 с.

Раздел 4. Технология промышленного и гражданского строительства

УДК 624. 132.3: 621. 878.6

Акимов Ф.Н., к.т.н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Осипов А.Ф. к.т.н., доцент

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Технология разработки прочных грунтов скреперными комплектами

Предложен метод применения самоходных скреперов при разработке мерзлых грунтов после эффективного способа рыхления.

Скрепер, бульдозерно-рыхлительный агрегат, мерзлые грунты, рабочий цикл скрепера, производительность.

Если процесс разработки скреперами с ковшами малой и средней вместимости мягких пород в летне-осеннее время является вполне изученным [1,2], то процесс разработки мерзлых грунтов, а также трещиноватых полускальных грунтов практически не исследован.

При этом решали следующие задачи:

1. Исследование различных способов рыхления (рыхлителями статического действия).
2. Установление рациональных параметров (шаг проходок, схема рыхления) работы рыхлителей статического действия при скреперной разработке грунта.
3. Определение эксплуатационной и технической производительности.

В экспериментальных исследованиях определяли показатели работы скреперов с различными типами толкачей.

При определении технологических возможностей скреперов исследовали параметры цикла. Рабочий цикл скрепера состоит из продолжительности набора грунта, транспортировки грунта, разгрузки, поворотов, порожнего хода, стыковки с толкачом.

В процессе ведения хронометражных наблюдений определяли: толщину срезаемой стружки, расстояние набора, длину пути, скорость движения при наборе и перемещении грунта и т.д.

Физико-механические свойства разрабатываемых грунтов определяли в основном по известным методикам.

При рыхлении изменяли основные параметры рыхления (глубина борозды, шаг проходок и схемы рыхления).

Поскольку рыхление является подготовительной в технологическом цикле выемки грунта, то целесообразно производительность рыхлителя в комплексно-механизированном процессе определять в зависимости от результатов работы последующих машин, то есть по полезной работе скреперов.

Экспериментальные исследования были проведены на мерзлых грунтах с целью выявления в зимних условиях технологических возможностей наиболее распространенных самоходных скреперов ДЗ – 11П с ковшем вместимостью 8 м³.

Для эффективного применения самоходных скреперов на предварительно – разрыхленных грунтах необходимо, чтобы глубина рыхления превышала на 20 – 30% толщину слоя грунта, снимаемого скрепером [3], т.е. 0,25 – 0,4 м, т.к. рекомендуемая толщина слоя при разработке грунта скрепером 0,2 – 0,3 м.

Для рыхления использовали бульдозерно-рыхлительный агрегат с одним зубом ДП – 10С на базе трактора Т – 330. Для повышения эффективности применяли поперечно-продольную схему рыхления грунта.

Предварительное поперечное рыхление в большей мере необходимо для увеличения сцепления и соответственно реализации большего тягового усилия базового трактора. При последующих продольных проходках глубины рыхления увеличилась до 70% и составила 0,3 – 0,4 м.

При проведении экспериментальных исследований был разработан новый способ рыхления мерзлых грунтов для скреперной разработки.

Цель нового способа рыхления - повышение эффективности за счет равномерного сцепления гусениц агрегата с грунтом, а также трассировки его проходов.

Известные способы рыхления грунта однозубыми рыхлительными агрегатами характерны тем, что в процессе рабочего хода разрабатывают основную борозду по оси движения агрегата.

Недостатком таких способов является неравномерное сцепление гусениц агрегата с грунтом, так как одна гусеница обычно перемещается по разрыхленному грунту, а вторая по целику. В результате имеет место пробуксовка гусениц и появляется необходимость в постоянных управляющих воздействиях для предотвращения отклонения агрегата от требуемого направления движения и, как следствие, снижение производительности и повышение износа машины.

Кроме того, для достижения эффективного рыхления необходимо строго выдерживать шаг рыхления. В противном случае неравномерность рыхления отрицательно скажется на работе скрепера.

Поставленная цель достигается тем, что способ рыхления грунта однозубым рыхлительным агрегатом, в процессе рабочего хода которого разрабатывают основную борозду по оси движения агрегата и при этом производят разработку дополнительной борозды на расстоянии от основной борозды, равном половине колеи агрегата ($B/2$) плюс шаг рыхления l (рис. 1) и глубиной, меньшей глубины основной борозды. При следующем проходе агрегата одну из его гусениц перемещают по дополнительной бороздке. Глубина дополнительной борозды должна составлять 0,05 – 0,15 м (в зависимости от прочности), для разработки которой может использоваться специальный рабочий орган, размещенный, например, на отвале бульдозера.

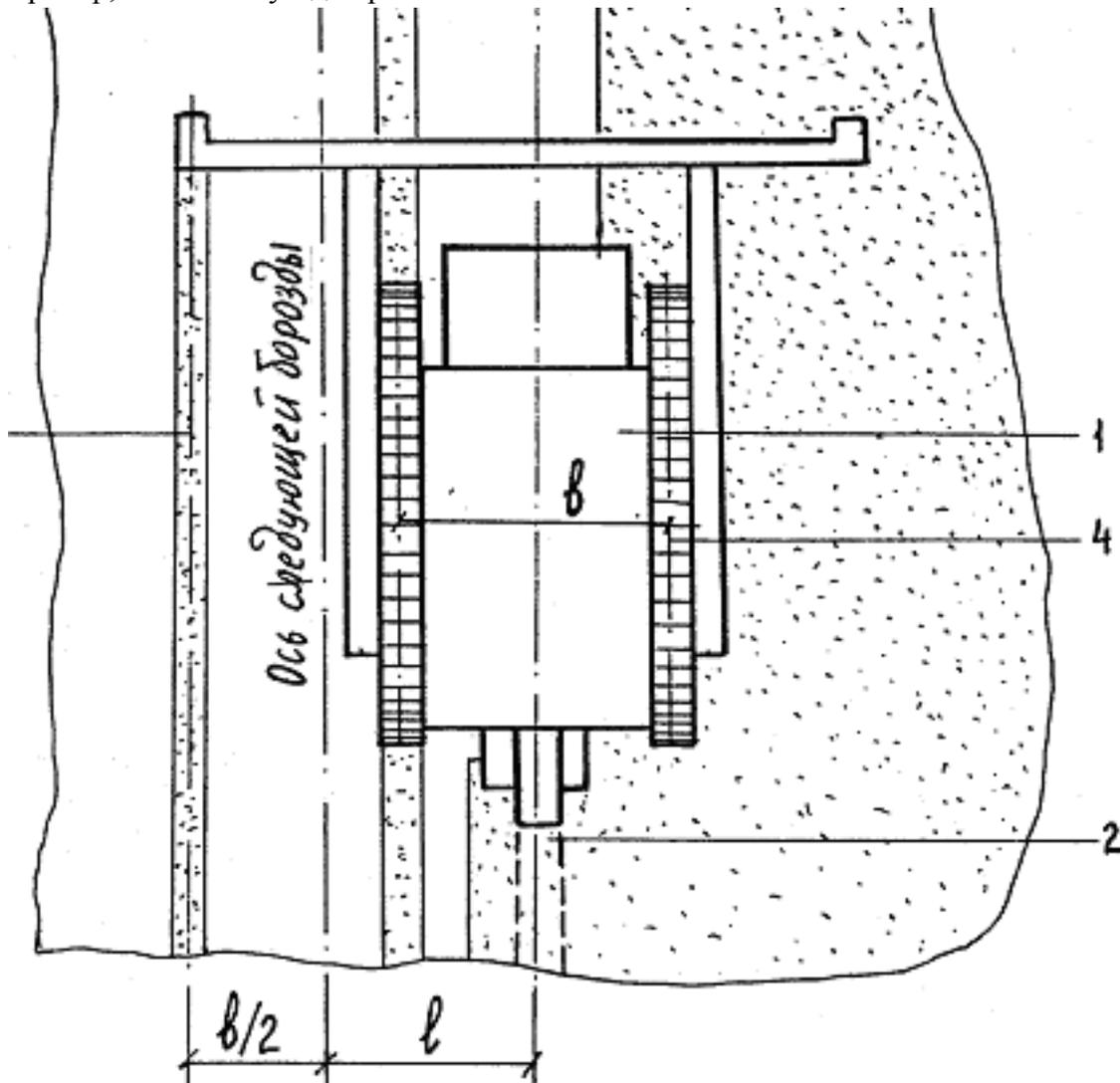


Рис.1 Схема прохода рабочего органа и дополнительного рыхления

В практике земляных работ широко известна технология рыхления, заключающаяся в одновременной проходке двух и более борозд одинаковой глубины (многозубовое рыхление).

Однако такое рыхление обычно не применяется для грунтов высокой прочности, В данном случае благодаря новой последовательности и параметрам известных операций и новым связям между ними достигается новый положительный эффект, заключающийся в повышении эффективности рыхления.

Дополнительная борозда, меньшей по сравнению с основной глубины и отстоящая от основной борозды на определенном расстоянии, служит дорожкой для гусеницы агрегата, за счет чего достигается равномерность сцепления гусениц и точность шага рыхления.

Одним из важных технологических требований является максимально возможное использование глубины рыхления. Эта возможность определяется отношением толщины срезанного слоя грунта ковшом скрепера h_c к глубине борозды рыхлителя h_p . Зависимость коэффициента использования глубины рыхления $K_u = h_c / h_p$ от глубины врезания рыхлителя в массив грунта носит прямолинейный характер. Так как при рыхлении ДП – 10С только в одном направлении глубина рыхления относительно небольшая (0,1 – 0,15м), то K_u незначителен и использование скрепера в этих условиях затруднительно и малоэффективно. При рыхлении поперечно-продольно-поперечными проходками глубина рыхления h_p по последней проходке приближается к максимально возможной для данного типа рыхлителя (0,7м), а по отношению к рыхлению по поперечно-продольной схеме, величина K_u увеличивается на 33-36%. Кроме того, уменьшается средний размер куса и количество крупных кусков более 0,5м, что улучшает работу скрепера при наборе.

Показатели работы самоходных скреперов ДЗ – 11П с толкачем Т – 180 после рыхления бульдозерно-рыхлительным агрегатом ДП – 10С на Т – 330:

Длина пути набора грунта – 28-32м.

Продолжительность набора грунта – 35-44с.

Средний размер куса – 0,32м.

Продолжительность цикла на расстояние 3500м, 15 – 16мин.

Техническая производительность 32,7-30,6м³/ч.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного исследования установлено, что обоснование технологического процесса земляных работ с использованием самоходных скреперов ДЗ – 11П, тракторов толкачей и рыхлителей может осуществляться исходя из требуемой энергоемкости разработки грунта.
2. Применение поперечно-продольной или поперечно-продольно-поперечной схемы рыхления обеспечивает эффективную работу рыхлителя и соответственно реализации большого тягового усилия трактора.
3. Самоходные скреперы марки ДЗ – 11П с ковшом с вместимостью 8м³ могут применяться не только при разработке легких грунтов I и II группы в летне-осенний период, но и при разработке мерзлых и полускальных грунтов после предварительного их рыхления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Державні будівельні норми України. Збірник 1. Земляні роботи роботи. ДБН Д.2.2. – 1 – 99. Київ 2000.
2. Технологія будівельного виробництва // за ред. В.К.Черненка, М.Г.Ярмоленка // . – К. Вища школа, 2002.
3. Холодов А.М., Назаров Л.В. Землеройно-транспортные машины. – Харьков: Вища школа, 1980.

Смирнов Л.Н., инженер
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Метод «Шесть сигм» - оценка качества в строительстве

Рассмотрена идеология оценки качества методом, который используется в мировой практике более 20 лет и предлагается его применение в сфере оценки качества строительной продукции, подтверждаются преимущества и раскрывается технология использования этого метода.

Качество, управление, шесть сигм, сигма, дефект, эффект, проект, система.

Строительство – отрасль, создающая производственные фонды – основу воспроизводства во всех отраслях экономики, а также обеспечивающая их обновление и увеличение, т.е. базис для экономического роста.

Строительный комплекс представляет собой конгломерат крупных строительно-монтажных и специализированных организаций различных форм собственности, оснащенных средствами механизации и транспорта, обладающих производственными базами и квалифицированными кадрами.

Региональный строительный комплекс представляет собой совокупность строительно-монтажных и специализированных предприятий, предприятий строительной индустрии и промышленности строительных материалов, расположенных на данной территории, объединенных общей программой.

Технологический, экономический, политический, научный, интеллектуальный, образовательный и другие потенциалы сложной системы существенно зависят от того, насколько целенаправленно, взаимосогласованно и рационально взаимодействуют элементы между собой и насколько рационально организована сама система, ее структура.

Преуспевающие организации, так называемые – «лидеры перемен», постоянно занимаются анализом производственно-хозяйственной деятельности, оценкой стратегии, анализом конкурентоспособности, постоянным повышением качества продукции (объектов), услуг, соблюдением сроков строительства, анализом цен и договорных обязательств, кадровыми проблемами.

Чаще всего совершенствования деятельности организации сводятся к повышению качества услуг, продукции, работ.

Таким образом, возникает потребность в создании эффективно функционирующей системы управления качеством работы строительной организации.

Исторически управление качеством возникло как статистический контроль качества при массовом производстве продукции. Большая роль в становлении и развитии науки и практики управления качеством принадлежит Э. Демингу. (Рис. 1).

Примерно в это же время А.В. Фейгенбаум сформулировал тезис о всеобщем контроле качества Total Quality Control (Management). Концепция всеобщего управления качеством (TQM) носит междисциплинарный характер. Она представляет собой совокупность принципов, методов, средств и форм управления качеством с целью повышения эффективности и конкурентоспособности организации. На данный момент эта система широко распространена в развитых странах. В ее основу положены следующие основные принципы: полное удовлетворение запросов клиента, непрерывное усовершенствование системы организации.

С 1987 года у нас в стране начала внедряться система управления качеством согласно ИСО 9000 – 2003 [1].

Однако эта система в основном нацелена на получение сертификата соответствия реальной системы управления качеством организации требованием стандарта ИСО 9000. Она не нацелена на постоянное улучшение качества. Эта система охватывает преимущественно вопросы качества продукции (услуг), а вопросы сроков выполнения заказов (объектов) и приемлемой для клиента и для производителя цены она не затрагивает.

На более высоком уровне развития, чем TQM и ИСО 9000, находится всеобщее управление организацией на основе качества «Шесть сигм» [2]. Оно нацелено на достижение максимально возможного уровня качества услуг, продукции, процессов. Эта система включает все лучшие достижения в области бизнеса, менеджмента и качества, имевшие место в США, Японии, Западной Европе, Корее.

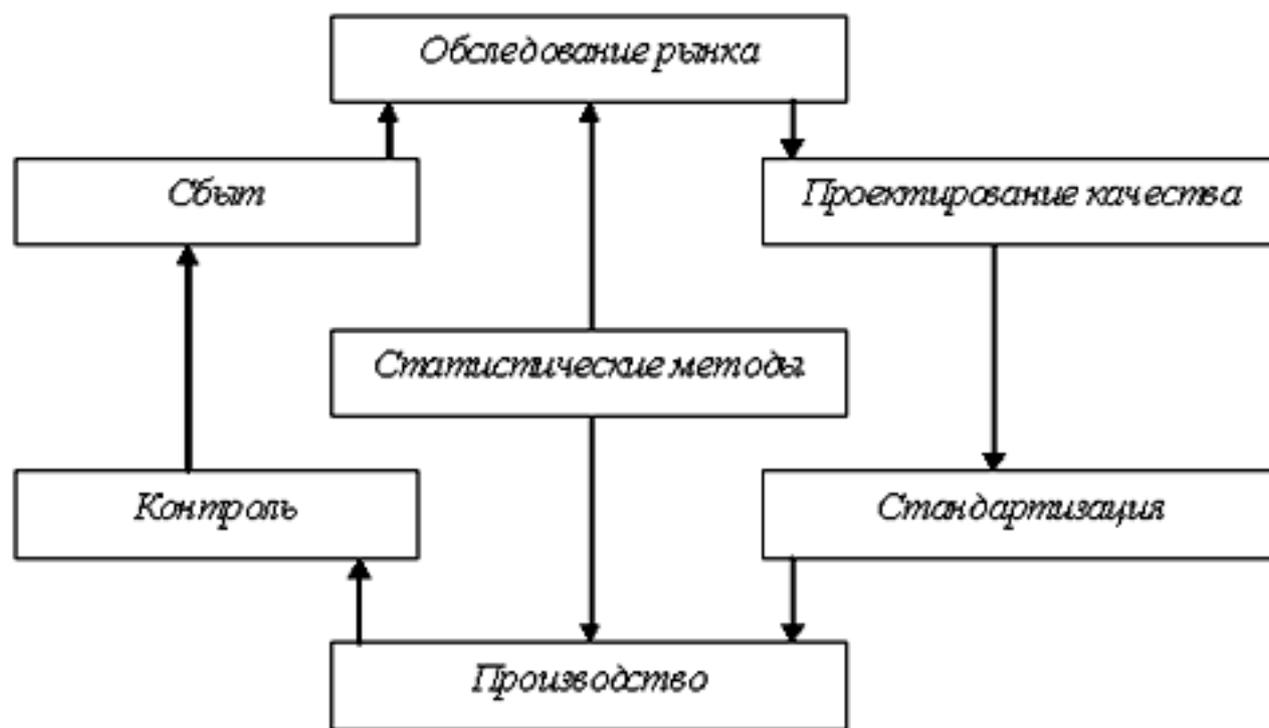


Рис.1. Цикл Деминга (1959г. Япония)

Данная система уже применяется более 20 лет. Она зародилась в компании «Motorola» (США). Она находит применение и в строительном производстве.

Эффект от использования «Шесть сигм» проявляется в значительных финансовых результатах, высокой удовлетворенности потребителей, достижении наивысшего уровня качества, стимулировании сотрудников, росте бизнеса, повышении конкурентоспособности и т.д.

Что означает термин «Шесть сигм»? «Шесть сигм» - это статистическая концепция измерения результатов процесса в параметрах числа дефектов. Под дефектом понимается несоответствие измеряемой характеристики процесса или услуги (продукции) установленным требованиям. Сигма (σ) – это статистический термин (стандартное отклонение). Достижение уровня «Шесть сигм» означает, что в ходе анализируемого процесса появляется только 3-4 дефекта на миллион возможностей проявления таких дефектов. Практически, работа на уровне «Шесть сигм» осуществляется почти безупречно. Термин «Шесть сигм» используется как обобщенная характеристика того, что процессы и системы организации совершенны настолько, насколько это возможно, и функционируют на самом высоком уровне качества.

В общем случае в составе системы «Шесть сигм» можно различать следующие элементы:

- ориентация на потребителя;
- процессный подход;
- управление на основе данных и фактов;
- установление амбициозных целей и ориентация на предотвращение проблем;
- безграничное сотрудничество;
- постоянное стремление к совершенствованию и не допущение возможности получения отрицательного результата.

Ключевым средством успеха организации является непрерывное совершенствование производственных и иных процессов, постоянное стремление к нововведениям.

Методология «Шесть сигм» должна предусматривать определенный баланс между *непрерывным совершенствованием* и принятием решений для «прорывов» - резких изменений в работе. Для осуществления таких действий должна быть выработана четкая *стратегия и реальные цели организации*. Цели и стратегия должны отражать запросы заинтересованных в работе организации сторон: потребителей, акционеров, руководства, персонала, поставщиков, государства. Возможности «Шесть сигм» могут реализовываться только при лидерстве высшего руководства.

Практика применения метода «Шесть сигм» выделяет три основных направления:

- коренное изменение всего бизнеса организации;
- совершенствование отдельных составляющих бизнеса;
- решение отдельных локальных задач.

Реализация «Шесть сигм» осуществляется в виде *программы*, состоящей из ряда проектов.

Под проект создается команда, численностью от 3 до 10 человек, в зависимости от сложности проекта. Жизненный цикл одной команды включает в себя: определение и выбор проекта, формирование команды, создание программы, обучение команды, работа команды по методике ОИАСК (Определение – Измерение – Анализ - Совершенствование - Контроль), передача дел. В процессе реализации мероприятий, разработанных командой, должен быть просчитан финансовый результат. Необходимость стремиться к поиску лучших методов работы. При этом широко используется *бенчмаркетинг*. Философская трактовка его такова: «проводить бенчмаркетинг – это значит: быть достаточно умным, чтобы признавать: всегда есть кто-то, кто в чем-то лучше вас; быть достаточно мудрым, чтобы учиться у него всему, а затем догнать и перегнать учителя». Методология «Шесть сигм» предусматривает решение по закреплению результатов, которые получены от каждой команды, выделяются ключевые исполнители, анализируется состояние организации с целью возможного использования методологии «Шесть сигм» для стратегии бизнеса.

Подготовка к эффективному использованию системы «Шесть сигм».

Она включает ряд этапов, среди которых: - общие вопросы организации внедрения «Шесть сигм»; - выбор первоначальных проектов; - идентификация основных процессов организации и потребителей; - создание системы непрерывного отслеживания и обновления информации об изменениях на рынке; - измерение текущих показателей процессов; - освоение метода совершенствования процесса; - освоение метода проектирования (модернизации) процесса; - меры по обеспечению устойчивого совершенствования; - назначение ответственного за «владение» и управление процессом; - управление с «обратной связью» и переход к системе «Шесть сигм».

Для исключения существенных помех на пути внедрения системы «Шесть сигм» целесообразно обеспечить реализацию специального процесса, который включает следующие этапы: - оценка степени готовности организации; - вовлечение персонала, его мобилизация; - внедрение системы и контроль.

При оценке степени готовности организации осуществляется выбор и назначение руководителя программы «Шесть сигм», так называемого «чемпиона», подчиняющегося непосредственно генеральному директору (президенту компании); выбор внешнего консультанта; оценка текущего состояния организации с использованием внутренней системы аудита и бенчмаркетинга, использование стандартных решений и приемов при осуществлении анализа.

Вовлечение предусматривает воодушевление работников и появление у них желания применять систему «Шесть сигм», обеспечение взаимосвязи «стратегии» бизнеса и целей организации, внедрение маркетинга и создание системы материального стимулирования и карьерного роста работников, постоянный анализ потребностей работников и оценка их удовлетворенности.

Мобилизация представляет собой действия по реализации в максимальной мере потенциальных возможностей «Шесть сигм».

Мобилизация включает: - создание специальной команды и наделение ее особыми функциями; - формирование структуры ключевых исполнителей; - обучение «команды»; - преобразование действующей организации в «обучающуюся организацию»; - выбор проектов для начальной реализации и составление заданий по ним; - принятие единых показателей результативности использования «Шесть сигм», в т.ч. средняя прибыль на один проект; - оценка удовлетворенности потребителей и др.

В основу этапа *внедрения и контроля* входит: - разработка детального плана внедрения «Шесть сигм»; - осуществление реализации плана поквартально, с учетом финансовой составляющей; - контроль в ходе реализации и внесение корректив, связанных с проведением экспериментов, с отработкой стратегии, с совершенствованием механизма производственно-хозяйственной деятельности организации и управления.

Большое значение при подготовке к использованию системы «Шесть сигм» придается *выбору первоначальных проектов*. Чаще всего начинают с пилотных (экспериментальных) проектов. В случае успеха программа постепенно распространяется в масштабах всей организации.

В рамках «Шесть сигм» все усилия организации должны быть направлены на совершенствование про-

цессов, а не просто на повышение какого-либо показателя эффективности. Целевые процессы должны отражать стратегические цели организации, учитывать величину затрат быть ориентированными на запросы клиентов. Выбором целевых процессов занимается команда высшего руководства. По составу выбранных целевых процессов конкретизируется перечень проектов. Отобранные проекты в последующем оцениваются по значимости для организации ожидаемых результатов; признакам осуществимости; важности отдельных организационных результатов (обучающий эффект и др.). Иногда осуществляется ранжирование проектов. Окончательное решение по составу проектов принимает команда высшего руководства, при этом проводит их тщательный анализ. По отобранным проектам «Чемпион» совместно с руководителями структурных подразделений – «владельцами процессов» - составляет предварительный вариант *заданий на проекты*.

Задание включает: краткое описание проблемы, характеристика этой проблемы, общая цель и результаты, которые следует ожидать, ценность проекта, его содержание и возможные ограничения. Задание дает представление в каком направлении должен развиваться проект.

Внедрение системы «Шесть сигм» должно базироваться на прочном «фундаменте», на котором будет строиться «здание совершенствования» основы системы «Шесть сигм».

На этапе идентификации основных процессов организации и потребителей можно подойти к пониманию функционирования организации как системы взаимосвязей между процессами и потребителями.

При этом процессы являются исходным рубежом для успешного выполнения методологии «Шесть сигм». Процессы иногда называются «бизнес-процессами», они реализуют главные цели организации и направлены на удовлетворение запросов потребителя. Одним из вариантов состава «бизнес-процессов» может быть: приобретение новых и удержание имеющихся заказчиков (клиентов), управление заказами и их выполнение, выставление счетов и сбор задолженностей. Наряду с основными процессами реализуются вспомогательные и обслуживающие. Все процессы сопровождается информация как внутренняя, так и внешняя. При сложном и длительном процессе часто целесообразным является составление многоуровневой блок-схемы. Учитывается иерархическая структура процесса. Таким образом, без постоянного получения эффективной информации о потребностях и ожиданиях, а также об удовлетворенности клиентов невозможно обеспечить реализацию потенциала «Шесть сигм». В организации должна быть создана эффективно действующая система непрерывного отслеживания и обновления информации о запросах (удовлетворенности) потребителей, деятельности конкурентов, изменениях на рынке.

На начальных этапах внедрения «Шесть сигм» организация может ограничиться имеющейся информацией или организовать ее получение в ограниченном объеме.

Измерение текущих показателей процессов, эффективный процесс измерений, а также освоение методов проектирования и совершенствование процессов с целью перехода к внедрению системы «Шесть сигм» могут быть рассмотрены в дальнейших публикациях.

ВЫВОДЫ

Метод «Шесть сигм» предусматривает превращение управления строительно-технологическими процессами в ключевой элемент общего подхода в ведении бизнеса в организации. Эффективное управление проявляется в том, что руководители строительных фирм концентрируют усилия на продвижении работы через все подразделения к выгоде клиентов и акционеров. Качественные параметры, оцениваемые этим методом, находятся все время в процессе непрерывного совершенствования.

Применительно к отдельным процессам в «Шесть сигм» используются три стратегии:

- совершенствование процесса;
- проектирование (модернизация) процесса;
- обеспечение эффективного управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ватсон Г. Методология «Шесть Сигм» для лидеров. Американское общество качества, 2004. – М: РИА «Стандарты и качество», 2006.
2. Николаев С.Н. Использование метода «Шесть Сигм» - основа успеха любого предприятия // Механизация строительства. – 2007. - №1. – С. 2-6.
3. Ильенкова С.Д. Управление качеством. Учебник для вузов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1999.

Хабрат Н.И., инж., доцент

РВУЗ Крымский инженерно-педагогический университет

Морозов А.Д., к.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Пути совершенствования конструкций крюковых подвесок одинарных полиспастов

Аналитическими исследованиями и расчетами установлено, что в одинарных полиспастах при сближении и удалении подвижной оси с блоками относительно неподвижной имеет место разворот подвижной оси в разные стороны. Это приводит к неравномерному нагружению подшипников грузового крюка, ускоренному износу гибких органов и блоков. Приводятся рекомендации по совершенствованию конструкций крюковых подвесок.

Полиспасты, крюковые подвески, блоки, канаты, упорные подшипники.

В приводах рабочих органов различного рода машин[3], в том числе и сельскохозяйственных[1, 4], широкое применение получили встроенные полиспасты, позволяющие эффективно и в конструктивном и в эксплуатационном плане просто и надежно решать поставленные технические задачи.

Полиспасты содержат подвижную и неподвижную оси с комплектами блоков на них, охватываемых гибкими органами, в качестве которых наиболее часто используются стальные канаты. Неподвижные оси блоков полиспастов обычно жестко крепят на неподвижных основаниях машин, а подвижные оси с комплектами блоков занимают в пространстве плавающее положение и кинематически соединяются под углом 90° с силопередающими элементами посредством упорных подшипников. В грузоподъемных машинах таким элементом является крюк. Совокупность деталей подвижной оси с комплектом блоков на ней и крюка объединенных между собой посредством вспомогательных деталей в технике принято называть крюковой подвеской. Упорный подшипник на крюковой подвеске устанавливается с целью уменьшения сопротивления на проворачивание крюка, исключая тем самым перехлестывание между собой ветвей полиспаста.

В практике замечено, что при эксплуатации механизмов одинарных полиспастов с кратностями $m \geq 4$ в большинстве случаев наблюдается в качестве первоначального износа гибких органов (стальных канатов) истирание проволочек по наружному диаметру с последующими обрывами, уменьшенная долговечность упорных подшипников грузового крюка.

Нами так же замечено, что интенсивность износа стальных канатов и подшипников в значительной мере меньшая в одинарных полиспастах с кратностями $m = 2$ и 3 , в которых на подвижной оси устанавливается только один блок и все его ветви находятся в одной плоскости с подвижным блоком.

Цель данной работы – научное обоснование замеченного интенсивного вида износа стальных канатов и подшипников одинарных полиспастов, рассмотрение вопроса работы крюковых подвесок, и разработка мероприятий по совершенствованию конструкций крюковых подвесок одинарных полиспастов.

Для решения поставленной задачи рассмотрим работу одинарных полиспастов с четной ($m = 4, 6, 8$) и нечетной ($m = 5, 7$) кратностями. На рис. 1 и 2 представлены подвижные оси полиспастов с четной и нечетной кратностями соответственно, нагруженные внешней силой Q , которая передается его ветвям. При этом примем натяжения в неприводной и в приводной ветвях соответственно F_1 и F_m .

В общем случае, спроектировав силы на вертикальную ось и пренебрегая углом отклонения усилий в ветвях полиспастов в виду его малости, имеем

$$\sum Y = F_1 + F_2 + \dots + F_m - Q = 0 \quad (1)$$

При подъеме грузов и перемещениях подвижных осей блоков полиспастов в сторону неподвижных блоков, натяжения в неприводных ветвях F_1 имеют минимальные значения, а в приводных F_m – наибольшие, так как в этом случае они вбирают в себя все сопротивления как в опорах блоков, так и сопротивления при деформации гибких органов при обегании блоков. При опускании груза, т.е. при раздвигании осей блоков полиспастов натяжения в неприводных и приводных ветвях меняются.

Выразим натяжения в каждой из ветвей полиспастов с учетом потерь в блоках при подъеме грузов (сближении подвижных и неподвижных осей блоков полиспастов), используя соотношения [6]

$$F_2^n = F_1^n / \eta; F_3^n = F_1^n / \eta^2; \dots; F_{m-1}^n = F_1^n / \eta^{m-2}; F_m^n = F_1^n / \eta^{m-1} \quad (2)$$

и опускании (раздвигании осей блоков полиспастов)

$$F_2^0 = F_1^0 \cdot \eta; F_3^0 = F_1^0 \cdot \eta^2; \dots; F_{m-1}^0 = F_1^0 \cdot \eta^{m-2}; F_m^0 = F_1^0 \cdot \eta^{m-1}, \quad (3)$$

где: η – к.п.д. блока полиспаста;

F_1^n и F_1^0 - усилия в неприводных ветвях при подъеме и опускании грузов соответственно, определяемые из соотношений

$$F_1^0 = Q\eta^{m-1}(1-\eta)/(1-\eta^m), \quad (4)$$

$$F_1^n = Q(1-\eta)/(1-\eta^m), \quad (5)$$

полученные путем совместного решения зависимостей (1), (2) и (1), (3).

Изменяющиеся натяжения в ветвях полиспастов подвижной оси от неприводной к приводной (при смещениях в двух направлениях) по геометрической прогрессии приводят к созданию разворачивающего момента силы M_p , действующего на подвижную ось полиспаста, уравновешиваемого моментом силы M_{Qp} от рабочей нагрузки Q вследствие изменения ее положения в пространстве (см. рис.3).

Приняв положение оси силопередающего элемента (крюка) жесткое под углом 90° к подвижной оси полиспаста, имеем для одинарных полиспастов с четными кратностями уравнения равновесия моментов сил относительно места закрепления силопередающих элементов (крюков) на осях подвижных блоков и по середине между ними

$$0,5(F_1 + F_2)L_k - 0,5(F_3 + F_4)L_k \pm M_{Q4} = 0; \quad (6)$$

$$0,5(F_1 + F_2)L_k - 0,5(F_3 + F_4)L_k \pm M_{Q6} = 0; \quad (7)$$

$$0,5(F_1 + F_2)L_k + 0,5(F_3 + F_4)L_c - 0,5(F_5 + F_6)L_c - 0,5(F_7 + F_8)L_k \pm M_{Q8} = 0, \quad (8)$$

где M_{Q4} , M_{Q6} , M_{Q8} - уравновешивающие моменты сил при кратностях полиспаста $m = 4, 6, 8$ соответственно;

L_k , L_c - расстояния между крайними и внутренними блоками подвижной оси соответственно (см. рис.1).

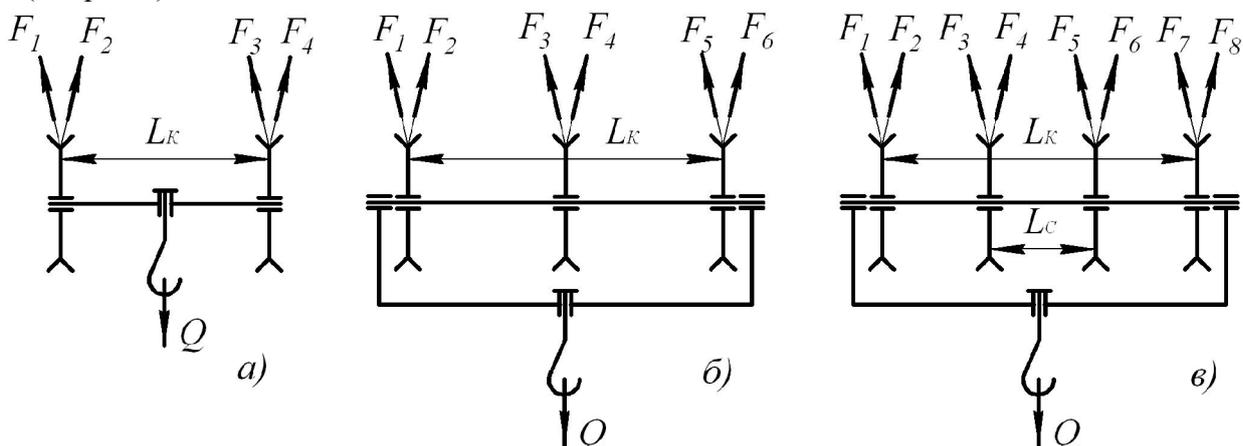


Рис.1. Схема сил, действующих на подвешенную ось полиспаста при $m = 4, 6, 8$.

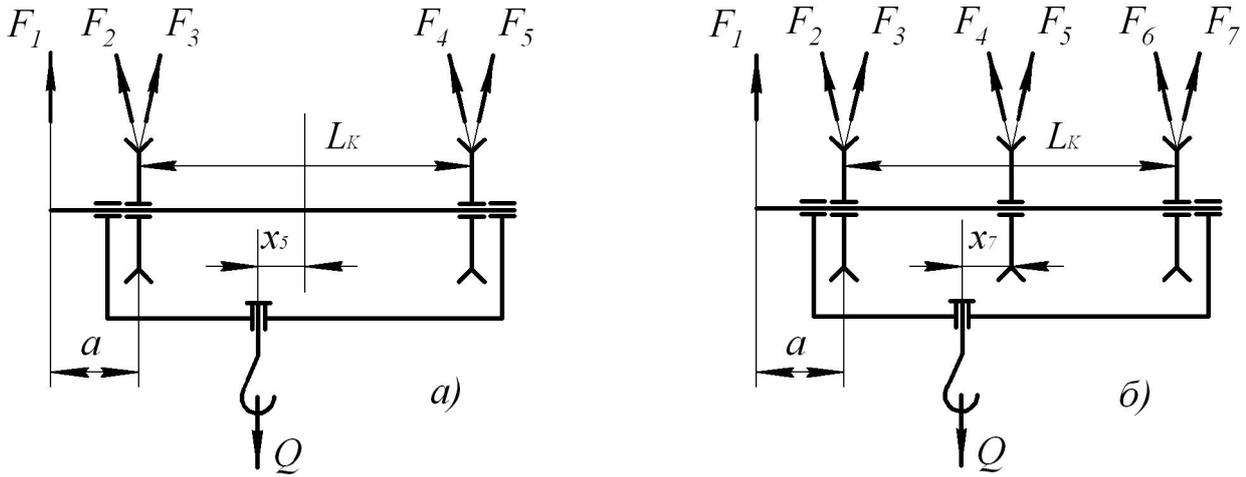


Рис.2. Схема сил, воздействующих на подвешенную ось полиспаста при $m = 5,7$

Решив уравнения (6) - (8) с использованием зависимостей (2) ... (5) относительно M_{Q4} , M_{Q6} , M_{Q8} , получим

$$\pm M_{Q4} = QL_k(1 - \eta^2)/[2(1 + \eta^2)] \quad (9)$$

$$\pm M_{Q6} = QL_k(1 - \eta^2)(1 - \eta^4)/[2(1 - \eta^2)] \quad (10)$$

$$\pm M_{Q8} = Q(1 - \eta^2)[L_k(1 - \eta^6) + L_c\eta^2(1 - \eta^2)]/[2(1 - \eta^8)] \quad (11)$$

По аналогии, составив уравнения равновесия моментов сил для подвижных осей одинарных полиспастов при кратностях $m=5$ и 7 относительно места закрепления силовых элементов, смещенных на расстояния x_i от середины между крайними блоками по рис 2, имеем

$$F_1(a + 0,5L_k - x_5) + (F_2 + F_3)(0,5L_k - x_5) - (F_4 + F_5)(0,5L_k + x_5) \pm M_{Q5} = 0, \quad (12)$$

$$F_1(a + 0,5L_k - x_7) + (F_2 + F_3)(0,5L_k - x_7) - (F_4 + F_5)x_7 - (F_6 + F_7)(0,5L_k + x_7) \pm M_{Q7} = 0, \quad (13)$$

где x_5 , x_7 - соответственно такие расстояния, на которые смещаются места закрепления силовых элементов относительно середины, между крайними блоками одинарных полиспастов с кратностями 5 и 7 при перемещениях подвижных осей которых в прямом и обратном направлениях на них создаются разворачивающие моменты, равные по значению и противоположные по направлениям.

Решив уравнение (12) и (13) относительно уравновешивающих моментов M_{Q5} , M_{Q7} с использованием соотношений (2) и (5) получим

$$\pm M_{Q5} = Q(1 - \eta)\{a + 0,5L_k - x_5 + \eta(1 + \eta)[0,5L_k - x_5 - \eta^2(0,5L_k + x_5)]\}/(1 - \eta^5) \quad (14)$$

$$\pm M_{Q7} = Q(1 - \eta)\{a + 0,5L_k - x_7 + \eta(1 + \eta)[0,5L_k - x_7 - \eta^4(0,5L_k + x_7)]\}/(1 - \eta^7) \quad (15)$$

Расстояния x_5 и x_7 смещения места закрепления силовых элементов относительно середины между крайними блоками определяются соответственно из уравнений (12) и (13) подставив в них и сложив почленно натяжения в ветвях при сближении и удалении подвижных осей

блоков полиспастов, при котором взаимоисключаются уравновешивающие моменты сил $\pm M_{Q5}$ и $\pm M_{Q7}$, как имеющие в этом случае различные направления воздействия на подвижные оси

$$(F_1^{\Pi} + F_1^0)(a + 0,5L_k - x_5) + (F_2^{\Pi} + F_2^0 + F_3^{\Pi} + F_3^0)(0,5L_k - x_5) - (F_4^{\Pi} + F_4^0 + F_5^{\Pi} + F_5^0)(0,5L_k - x_5) = 0, \quad (16)$$

$$(F_1^{\Pi} + F_1^0)(a + 0,5L_k - x_7) + (F_2^{\Pi} + F_2^0 + F_3^{\Pi} + F_3^0)(0,5L_k - x_7) - (F_4^{\Pi} + F_4^0 + F_5^{\Pi} + F_5^0)x_7 - (F_6^{\Pi} + F_6^0 + F_7^{\Pi} + F_7^0)(0,5L_k - x_7) = 0. \quad (17)$$

Решив уравнения (16) и (17) относительно x_5 и x_7 с использованием соотношений (2)-(5), получим

$$x_5 = \frac{0,5L_k[(2a/L_k + 1)(1 + \eta^4)\eta^4 + \eta_{\Sigma 2,3,5,6} - \eta_{\Sigma 1,7,8} - 1]}{(1 + \eta^4)\eta^4 + \eta_{\Sigma 2,3,5,6} + \eta_{\Sigma 1,7,8} + 1}, \quad (18)$$

$$x_7 = \frac{0,5L_k[(2a/L_k + 1)(1 + \eta^6)\eta^6 + \eta_{\Sigma 4,5,7,8} - \eta_{\Sigma 1,11,12} - 1]}{(1 + \eta^6)\eta^6 + \eta_{\Sigma 4,5,7,8} + \eta_{\Sigma 1,11,12} + 1}, \quad (19)$$

где $\eta_{\Sigma 2,3,5,6}$ и $\eta_{\Sigma 1,11,12}$ — сумма коэффициентов полезного действия блоков полиспаста в степенях, указанных в индексах соответственно. Например, $\eta_{\Sigma 2,3,5,6} = \eta^2 + \eta^3 + \eta^5 + \eta^6$.

Смещениями мест закрепления силовопередающих элементов на подвижных осях блоков полиспастов на расстояния x_5 и x_7 относительно середины между крайними блоками достигается одинаковость углов разворота осей подвижных блоков при прямых и обратных перемещениях подвижных осей полиспастов. Это способствует равномерному и симметричному износу желобов блоков и повышению долговечности эксплуатации гибких органов.

Смещения x_5 и x_7 не равны смещениям x_{5c} и x_{7c} центра тяжести усилий полиспаста в его статическом положении, которые определяются из условия равенства моментов сил относительно места закрепления силовопередающего элемента по зависимостям

$$x_{5c} = 0,5L_k(2a/L_k + 1)/5, \quad (20)$$

$$x_{7c} = 0,5L_k(2a/L_k + 1)/7, \quad (21)$$

полученным из уравнений (12) и (13) при $F_1 = F_2 = \dots = F_m$ и $M_{Qi} = 0$.

Значения смещений x_{5c} и x_{7c} всегда меньше соответствующих значений x_5 и x_7 , и эта разница увеличивается по мере уменьшения коэффициентов полезного действия блоков полиспаста.

Разворачивающий момент M_p , действующий на подвижную ось полиспаста, уравновешивается моментом силы M_{Qp} , возникающим вследствие непараллельности направлений силы Q и оси силовопередающего элемента, развернувшегося на угол α , определяемого зависимостью (рис 3).

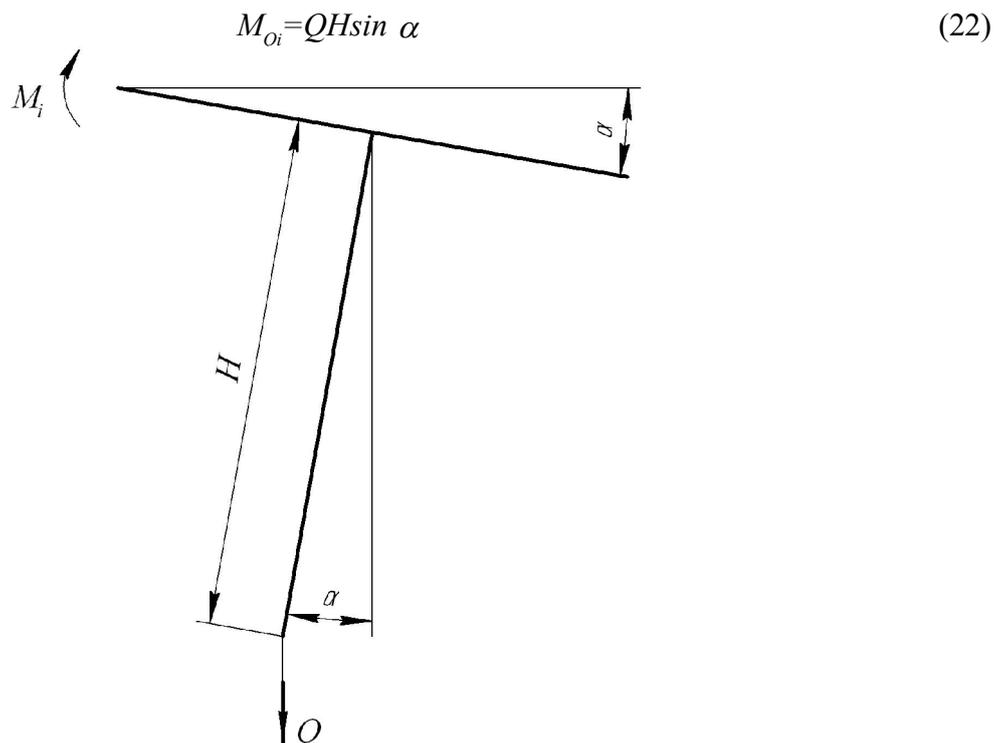


Рис 3. Схема силовых воздействий на подвижную ось блоков полиспаста.

Решая уравнение (22) относительно угла α , получим

$$\alpha = \arcsin(M_Q / QH) \quad (23)$$

Углы поворота (перекоса) подвижных осей полиспастов вместе с комплектами блоков на ней для рассмотренных выше кратностей полиспастов получим при совместном решении уравнений (9) - (11), (14), (15)

$$\alpha_4 = \arcsin[0,5L_k(1-\eta^2)/H(1+\eta^2)] \quad (24)$$

$$\alpha_5 = \arcsin\left\{\frac{(1-\eta)\{a+0,5L_k-x_5+\eta(1+\eta)[0,5L_k-x_5-\eta^2(0,5L_k+x_5)]\}}{H(1-\eta^5)}\right\} \quad (25)$$

$$\alpha_6 = \arcsin[0,5L_k(1-\eta^2)(1-\eta^4)/[H(1-\eta^6)]] \quad (26)$$

$$\alpha_7 = \arcsin\left\{\frac{(1-\eta)\{a+0,5L_k-x_7+\eta(1+\eta)[0,5L_k-x_7-\eta^4(0,5L_k+x_7)]\}}{H(1-\eta^7)}\right\} \quad (27)$$

$$\alpha_8 = \arcsin\{(1-\eta^2)[L_k(1-\eta^6)+L_c\eta^2(1-\eta^2)]/2H(1-\eta^8)\} \quad (28)$$

Определим значение угла перекоса α подвижной оси полиспаста для стрелового автомобильного крана КС-5473 при параметрах $L_k=420$ мм, $H=800$ мм, $m=6$, $\eta=0,98$ и $\eta=0,95$.

Используя зависимости (24) (без учета сил тяжести крюковой подвески в виду ее малости) имеем

$$\alpha_6 = \arcsin[0,5 \cdot 420(1-0,98^2)(1-0,98^4)]/(1-0,98^6)800 = 0,41^\circ$$

$$\alpha_6 = \arcsin[0,5 \cdot 420(1-0,95^2)(1-0,95^4)]/(1-0,95^6)800 = 1,03^\circ$$

В ряде случаев на практике при проектировании крюковой подвески полиспаста с кратностью $m=5$ (нечетной кратностью) силопередающий элемент (крюк) устанавливают на подвижной оси посередине между блоками, а неприводной конец гибкого органа закрепляют на боковине крюковой подвески. Это приводит к тому, что разворачивающий момент сил, действующий на подвижную ось блоков при подъеме и опускании груза, имеет различные значения, а следовательно и угол разворота подвижной оси при реверсировании её перемещений имеет разные значения.

Для этого случая уравнение (12) в общем виде при $x_5=0$ примет вид

$$F_1(a+0,5L_k) + (F_2 + F_3)0,5L_k - (F_4 + F_5)0,5L_k - M_{Q5} = 0, \quad (29)$$

где M_{Q5} -уравновешивающий момент силы, действующей на подвижную ось полиспаста.

Из анализа силового нагружения подвижной оси полиспаста (см.рис 2а) следует, что наибольший разворот подвижной оси имеет место при её смещении в сторону противоположную расположению неподвижной оси полиспаста.

Решив совместно уравнения (29), (3), (5) относительно M_{Q5} получим зависимость, определяющую уравновешивающий момент сил M_{Q5}^p при раздвижении осей блоков полиспаста

$$M_{Q5}^p = QL_k 9(1-\eta^2 0)[(2a/L_k + 1)/(1+\eta) + \eta - \eta^3]/[2(1-\eta^5)]. \quad (30)$$

Аналогично решая совместно уравнения (29), (2), (4) относительно M_{Q5} получим зависимость, определяющую уравновешивающий момент сил M_{Q5}^c при сближении осей блоков полиспаста

$$M_{Q5}^c = QL_k 9(1-\eta^2 0)[(2a/L_k + 1)\eta^4/(1+\eta) + \eta^3 - 1]/[2(1-\eta^5)]. \quad (31)$$

При проведении расчетов по зависимостям (30) и (31) положительное значение уравновешивающих моментов свидетельствует о правильном выборе направления уравновешивающего момента в уравнении (29), при отрицательном значении направление уравновешивающего момента меняется на обратное ранее принятому.

ния груза, находящегося с некоторым боковым смещением относительно его оси. Этот начальный разворот крюка сохраняется при подъеме груза и дополнительно увеличивается за счет разворачивающего момента сил, вызванного сопротивлениями вращению блоков. На наш взгляд по этой причине установка самоустанавливающихся упорных подшипников недопустима.

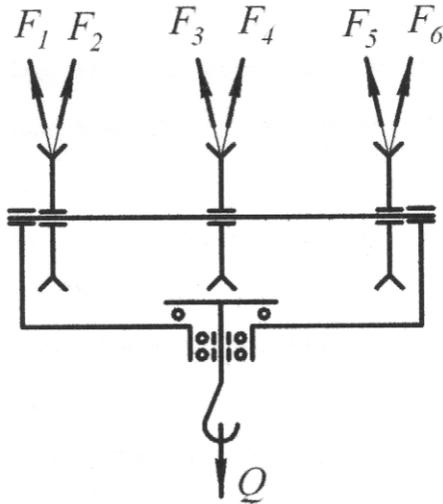


Рис. 4 Схема модернизированной подшипниковой опоры грузового крюка крюковой подвески.

С целью обеспечения равномерности распределения нагрузки по телам качения в упорных подшипниках грузовых крюков необходимо на их осях устанавливать радиальные подшипники, как это представлено на рис. 4.

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного в рациональной конструкции подвижной оси полиспаста должны быть выполнены следующие условия:

1. Одинарному полиспасту предпочтителен спаренный;
2. Одинарному полиспасту с нечетной кратностью предпочтителен одинарный полиспаст с четной кратностью;
3. Не жесткой самоустанавливающейся установке силопередающего элемента на подвижной оси блоков полиспаста под углом 90° предпочтительна жесткая установка этих деталей под углом 90° ;
4. В одинарных полиспастах с нечетной кратностью предпочтительно устанавливать силопередающий элемент не посередине между блоками, а со смещением в сторону закрепления неприводной ветви, обеспечивая равенство углов переноса подвижной оси при перемещениях ее в прямом и в обратном направлениях;
5. В одинарных полиспастах с нечетной кратностью смещения места закрепления неприводной ветви в направлении подвижной оси блоков до его ближайшего блока должно быть минимальным;
6. Расстояние между блоками подвижной оси полиспаста в ее осевом направлении должно быть минимальным;
7. Расстояние между подвижной осью с комплектом блоков до места закрепления груза на силопередающем элементе должно быть возможно максимальным;
8. Установка блоков на подвижной оси полиспаста предпочтительна на подшипниках качения.
9. В одинарных полиспастах шейку грузового крюка предпочтительно устанавливать в крюковой подвеске на радиальном подшипнике качения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулгизис У.А., Хабрат Н.И., Марковская О.Е. Расчет основных параметров механизма порционного сбрасывания жатки // Трактора и сельскохозяйственные машины. №12, 2001-с.32-33.
2. Богород А.А., Загузин А.Т. Грузоподъемные краны машин строительных предприятий. -М.: Высшая школа, 1990. -271с.
3. Грузоподъемные машины /Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. и др. -М.: машиностроение, 1986. -400 с.
4. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве -М.: «Колос» 1973 - 464 с.
5. Ушаков Н.С. Мостовые электрические краны -Л.: Машиностроение, 1988. -382 с.
6. Хабрат Н.И. Коэффициент полезного действия блоков полиспаста современное состояние вопроса и разработка новых методов его определения // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета, вып. №6. Технические науки, 2006, г. Симферополь, с. 14 - 19.

Раздел 5. Техногенная безопасность

УДК 910.3:556 (477.75)

Тимченко З.В., к.г. н., доцент

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Определение гидрологических характеристик стока рек восточной части Южного берега Крыма при отсутствии гидрометрических наблюдений

С использованием данных наблюдений и многофакторного нелинейного корреляционно-регрессионного анализа получено соотношение для расчёта модуля и характеристик изменчивости годового стока рек восточной части ЮБК

Река, гидрометрические наблюдения, модуль стока, коэффициенты вариации и асимметрии

Реки ЮБК - самые короткие крымские реки, 55 из них относятся к западной части и 202 – к восточной. Границей между ними является река Демерджи, относящаяся к восточной части. Особенностью рек восточной части является значительное их питание подземными водами. Среди рек восточной части 21 основная река, 19 притоков первого порядка, остальные 162 – короткие притоки второго порядка. Основные реки имеют длину 2,6 – 16 км, за исключением реки Таракташ длиной 22 км. Реки восточной части характеризуются меньшими уклонами и меньшими падениями, чем реки западной части [1].

Реки ЮБК являются практически единственными источниками водоснабжения и орошения Южнобережья. На реке Улу-Узень (западная часть) в 1979 г. построено Изобильненское водохранилище объёмом 13,25 млн. м³, а на балке Шумская (приток реки Демерджи, восточная часть) построено в 1986 г. Кутузовское водохранилище объёмом 1,11 млн. м³. Рекам дают начало карстовые источники. Долины рек в верховьях узкие в виде ущелий, затем они постепенно расширяются, приобретая в низовьях трапецеидальную форму. Поймы узкие имеются только в нижних течениях. Русла слабоизвилистые, в нижнем течении в основном спрямлённые, углублённые и укреплённые бетонными плитами во избежание наводнений. Основные реки впадают в Чёрное море.

Для решения задач водоснабжения и гидротехнического строительства необходимы гидрологические характеристики, представляющие собой модуль годового стока M , характеристики вариации C_s и асимметрии C_s годового стока. Эти данные получаются в результате наблюдений на гидропостах. Однако только на восьми реках восточной части имеются гидропосты. Поэтому возникает задача определения гидрологических характеристик рек при отсутствии гидрометрических наблюдений.

Модуль стока M определяет водность реки (среднемноголетний расход Q , л/с)

$$M = \frac{Q}{F}, \text{ л/с км}^2$$

где F – площадь водосборного бассейна реки, км².

В работах [2,3] для обобщения данных по модулю стока используется средняя высота водосборного бассейна (H_{cp}). Зависимость M от H_{cp} строится для различных типов горных районов. В работе [4] горные районы разделены по значению средневзвешенного уклона реки. Для выявления определяющих параметров при обобщении используем уравнение энергии:

$$E_2 = E_1 + \Delta E - E_{ном}, \quad (1)$$

где: E_2 – энергия воды в выбранном створе реки; E_1 – энергия мощного источника реки;

ΔE – энергия вод, поступающих с водосборного бассейна; $E_{ном}$ – потери энергии при течении воды по руслу реки между створами 1 и 2.

Выражение для энергий имеет вид

$$E_1 = (p_1 + \rho g z_1 + 0.5 \rho V_1^2) Q_1;$$

$$E_2 = (p_2 + \rho g z_2 + 0.5 \rho V_2^2) Q_2;$$

$$\Delta E = (p_{cp} + \rho g z_{cp} + 0.5 \rho V^2) \Delta Q;$$

$$E_{nom} = 0.5 \frac{\rho \lambda L V_{cp}^2}{d_{cp}} Q_{cp};$$

$$p_1 = \rho_B g z_1; p_2 = \rho_B g z_2;$$

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1;$$

$$z_{cp} = 0.5(z_1 + z_2);$$

$$Q_{cp} = 0.5(Q_1 + Q_2);$$

$$V = \frac{Q}{\omega}; H = z_1 - z_2.$$

где: p - атмосферное давление; ρ_e - плотность воздуха; ρ - плотность воды; z - уровень расположения створа; V - скорость течения воды; ΔQ - расход, поступающий с водосборного бассейна; λ - коэффициент трения в русле реки; L - длина участка реки; ω - площадь поперечного сечения; d_{cp} - средний гидравлический диаметр русла; H - падение участка реки.

Пренебрегаем первыми членами в скобках выражений для E_1 , E_2 и ΔE , так как плотность воздуха значительно меньше плотности воды. Тогда, подставляя приведенные соотношения в равенство (1), после преобразования получим:

$$\frac{Q_2^3}{\omega_2^2} - g H Q_1 - \frac{Q_1^3}{\omega_1^2} - \frac{(Q_2 - Q_1)^3}{\omega^2} + \frac{\lambda L (Q_2 + Q_1)^3}{8 d_{cp} \omega_{cp}^2} - g H Q_2 = 0.$$

Из этого соотношения видно, что расход Q_2 связан с падением участка реки H и его длиной L , а также с расходом (мощностью) источника. Влияние мощности источника на модуль стока крымских рек определено в работах [5,6]. Рассмотрим реки восточной части ЮБК с маломощными источниками. Тогда положим в последнем соотношении $Q_1 = 0$, $Q_2 = Q$ и получим:

$$Q_2 = \left[\frac{g H}{\frac{1}{\omega_2^2} - \frac{1}{\omega^2} + \frac{\lambda L}{8 d_{cp} \omega_{cp}^2}} \right]^{0.5}.$$

Таким образом, расход в створе реки оказывается связанным с обычно известными параметрами участка реки H , L [7]. Тогда запишем

$$Q = f(H, L). \quad (2)$$

Для обобщения используем данные семи участков шести рек и ручьёв восточной части ЮБК [1,6] (табл. 1).

Сопоставление расчётных (Q_p) и измеренных (Q) значений расхода

№ пп	Гидропост	F , км ²	H , км	L , км	Q , л/с	Q_p , л/с	δ , %
1	Куру-Узень-Солнечногорское	12,2	1,011	7,9	17	17	0
2	Куру-Узень-Солнечногорское	14,3	1,032	8,9	15	22,4	49,3
3	Ворон - Ворон	10,3	0,53	7,6	28	14,8	-47,2
4	Ай-Серез - Междуречье	12,8	0,20	6,5	15	9,8	-34,7
5	Таракташ - Судак	156	0,764	20	112	112,5	0,5
6	руч. Кизилташский-Щебетовка	35	0,464	12	36,9	37,6	1,9
7	руч. Кабакташский - Щебетовка	22	0,316	8,3	20	17	-15

С использованием указанных в табл. 1 данных и функциональных параметров зависимости (2) с помощью многофакторного нелинейного корреляционно-регрессионного анализа получена следующая обобщающая зависимость с индексом корреляции 0,977 (корреляционная связь сильная [8]):

$$Q = 0.245H^{0.0916}L^{2.064}, \text{ л/с}, \quad (3)$$

где размерность H и L в км.

Из формулы (3) следует, что при движении от истока к устью расход воды возрастает. Это, помимо увеличения площади водосборного бассейна, объясняется подземным питанием рек восточной части ЮБК. Результаты расчёта расхода Q_p по полученной зависимости (3) приведены в табл. 1. Там же даны в процентах значения отклонений расчётного значения расхода от измеренного:

$$\delta = \frac{100(Q_p - Q)}{Q}.$$

Из табл. 1 следует, что отклонения δ находятся в пределах от «минус» 47,2% до 49,3%. Среднеквадратичная погрешность расчёта расхода составляет 6,9 л/с.

На основании формулы (3) получим выражение для модуля стока

$$M = 0.245H^{0.0916}L^{2.064}F^{-1}, \text{ л/с} \cdot \text{км}^2 \quad (4)$$

где H и L в км, F в км².

Для створов одной и той же реки с помощью формулы (4) можно рассчитать модуль в расчётном створе (M) по измеренному модулю в другом створе (M_0):

$$\frac{M}{M_0} = \left(\frac{H}{H_0}\right)^{0.0916} \left(\frac{L}{L_0}\right)^{2.064} \left(\frac{F}{F_0}\right)^{-1}. \quad (5)$$

Важнейшими для водохозяйственных расчётов являются характеристики изменчивости стока: коэффициенты вариации C_V и асимметрии C_S . По этим характеристикам рассчитывается годовой сток различной обеспеченности, а по величине обеспеченности ведётся оценка внутрисезонного распределения стока (многоводный, маловодный и средний периоды). При длинном ряде наблюдений на гидропосте значения C_V и C_S рассчитываются по соответствующим формулам.

В случае отсутствия гидрометрических наблюдений для определения C_V и C_S используются эмпирические соотношения, полученные в результате обобщения данных по рекам. Для коэффициента C_V в работе [9] приведена формула Д.Л. Соколовского применительно к европейской части бывшего СССР (без Крыма). А в работе [10] - формула К.П. Воскресенского; в числитель формулы входит коэффициент, который рекомендуется принимать в пределах 1 – 3 без связи с географическими характеристиками. В том и другом случае C_V связывается с модулем стока M и площадью водосборного бассейна F :

$$C_V = f(M, F). \quad (6)$$

Аналогичные связи получены для некоторых рек Крыма в работе [11], там же отмечается, что

для крымских рек отношение $\frac{C_S}{C_V}$ находится в пределах 0 – 5, а в 43% случаев $\frac{C_S}{C_V} = 2$.

В работе [4] для разных групп крымских рек получены зависимости в виде (6) и

$$C_V = f(i_{\text{срвзв}}); \quad C_V = f(H_{\text{ср}}),$$

где $i_{\text{срвзв}}$ – средневзвешенный уклон реки, $H_{\text{ср}}$ – средняя высота водосбора.

Для C_S получены связи в виде

$$C_S = f(C_V).$$

Уравнение (4) позволило выявить новые параметры, влияющие на модуль стока:

$$M = f(H, L, F).$$

Заменяя длину участка реки средним уклоном $i = H/L$, рассмотрим возможность использования следующих функциональных зависимостей для обобщения данных по C_V и C_S :

$$C_V; C_S = f(i, H, F).$$

Для обобщения характеристик изменчивости стока (табл. 2) использованы данные, приведенные в табл. 1.

Таблица 2.

Сопоставление расчётных (Q_p) и измеренных (Q) значений характеристик изменчивости стока

№ пп	Гидропост	i , м/км	C_V	C_{Vp}	$\delta_{V, \%}$	C_S	C_{Sp}	$\delta_{S, \%}$
1	Куру-Узень-Солнечногорское (F = 12,2 км ²)	128	0,64	0,72	12,5	0,61	0,68	11,5
2	Куру-Узень-Солнечногорское (F = 14,3 км ²)	116	0,90	0,83	-7,8	1,32	1,11	-15,9
3	Ворон – Ворон	69,7	1,11	1,06	-4,5	1,95	1,5	-23
4	Ай-Серез - Междуречье	30,8	1,03	1,17	13,6	1,23	1,24	0,8
5	Таракташ – Судак	38,2	1,22	1,25	2,5	1,46	1,71	17,1
6	руч. Кизилташский-Щебетовка	38,7	1,3	1,38	6,2	2,35	1,87	-20,4
7	руч. Кабакташский - Щебетовка	38,1	1,32	1,09	-17,5	1,41	1,91	35,5

Из табл. 2, в частности, следует, что отношение C_S/C_V значительно отличается от 2 и находится в диапазоне 0,95 – 1,75.

Обобщение данных, приведенных в табл. 2, позволило получить следующие соотношения:

$$C_V = 49320i^{-2,0} H^{1,434} F^{-0,578}; \quad (7)$$

$$C_S = 1,29C_V^{1,424} \quad (8)$$

Зависимостям (7) и (8) соответствует индекс корреляции 0,89 и 0,86 (корреляционная связь сильная [8]). Рассчитанные по формулам (7) и (8) значения C_V и C_S приведены в табл. 2. Из табл. 2 следует, что отклонения расчётного значения C_V от измеренного находятся в пределах от «минус» 17,5 до 13,6%, отклонения значений C_S от «минус» 23 до 35,5%.

В табл. 3 приведены результаты расчётов по формулам (5), (7) и (8) модуля и характеристик изменчивости стока для устья четырёх рек восточной части ЮБК, на которых отсутствуют гидропосты.

Таблица 3.

Расчётные значения модуля стока и характеристик изменчивости стока

Расчётный створ	H , км	i , м/км	F , км ²	M , л/скм ²	C_{VP}	C_{SP}
Куру-Узень – устье	1,044	87	14,4	1,93	1,48	1,75
Ворон - устье	0,75	46,9	52	2,58	1,51	1,8
Ай-Серез – устье	0,28	29,8	20,6	1,60	1,54	1,85
Таракташ - устье	0,781	35,5	161	0,85	1,46	1,71

ВЫВОДЫ:

1. С помощью многофакторного нелинейного моделирования получены для рек восточной части ЮБК соотношения для расчёта модуля стока, коэффициентов вариации и асимметрии с индексами корреляции 0,977; 0,89 и 0,86.
2. Рассчитаны значения модуля и характеристик изменчивости стока для устьев четырёх рек восточной части ЮБК, на которых отсутствуют гидропосты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Поверхностные водные объекты Крыма. Справочник // Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Мустафаева З.Р. - Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. – 113 с.
2. Клибашев К.П., Горшков И.Ф. Гидрологические расчёты. – Л.: ГМИ, 1970. – 460 с.
3. Ресурсы поверхностных вод. – Т. 6. – Украина и Молдавия. – Вып. 4. – Крым. – Л.: ГМИ, 1966. – 344 с.
4. Боровский Б.И., Тимченко З.В. Компьютерное моделирование гидрологических характеристик рек Крыма. // Сб. научных трудов КНУТД. – Киев, 2004. – С. 207-210.
5. Тимченко З.В. Расчёт модуля стока рек Крыма с известными расходами карстовых источников при отсутствии гидрометрических наблюдений // Строительство и техногенная безопасность. – Вып. 10. – Симферополь: НАПКС, 2005. – С. 224 – 226.
6. Тимченко З.В. Определение модуля стока рек Крыма с мощными источниками при отсутствии гидрометрических наблюдений // Учёные Записки КИПУ. – Симферополь, 2006. – С. 73 – 75.
7. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. – Т. 6. – Украина и Молдавия. – Вып. 4. – Крым. – Л.: ГМИ, 1980, 120 с.
8. Вознюк С.Т., Гончаров С.М., Ковалёв С.В. Основы научных исследований. – Киев: Вища школа, 1985. – 192 с.
9. Воскресенский К.П. Гидрологические расчёты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках. – Л.: Гидрометиздат, 1956. – 468 с.
10. Литовченко А.Ф., Сорокин В.Г. Гидрология и гидрометрия. – К.: Вища школа, 1987. – 167 с.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т.8. – Украина и Молдавия. – Вып. 4. – Крым / Под ред. М.М. Айзенберга и М.С. Каганера. – Л.: Гидрометиздат, 1966. – 344 с.

Фокина Н. А., инженер

Национальная Академия Природоохранного и курортного строительства

Рекреационная деятельность и абразионные процессы

Невозможно представить себе приморский климатический курорт без наличия пляжей. Однако в последние десятилетия угрожающий характер приобрели абразионные процессы, которые влияют на состояние береговой линии, вызывая ее размыв, сокращение ширины пляжей, потерю ценных рекреационных территорий. В настоящее время насчитывается около сорока факторов влияния на процессы берегопереработки, в их число входит и рекреация. В данной статье анализируется взаимодействие рекреационной деятельности и процессов абразии, рассматриваются достоинства и недостатки создания искусственных пляжей.

Абразия, береговая линия, берег, прибрежная зона, берегозащитные сооружения, рекреационное строительство, пляжеобразующий материал, искусственный пляж, «свободный пляж», туризм, туристическая деятельность, рекреация.

Взаимосвязь рекреационной деятельности и абразионных процессов.

Число проживающих, работающих и отдыхающих людей в пределах 100 км береговой зоны составляет значительную величину и быстро увеличивается по сравнению с внутренними районами. На сегодняшний день оценки пропорции численности населения, живущего в прибрежной зоне, значительно отличаются друг от друга и составляют от 30% до 50% от всего населения земного шара. По данным Small и Nicholls (2003) на земле проживает более 6 миллиардов человек, 38% из которых живут в прибрежной зоне в пределах 100 км береговой черты. Прогнозируется, что население на Земле к 2050 году более чем удвоится с наибольшим увеличением в прибрежной зоне. Во Франции в результате урбанизации отмечается значительное изменение приморских ландшафтов, и ежегодно около 1% "свободных", неосвоенных территории становится урбанизированными или полу-урбанизированными [6]. Быстрое увеличение плотности населения вдоль побережья Мирового океана происходит как за счет роста численности местных жителей, так и за счет миграции из внутренних регионов. Последние, есть результат сезонного увеличения численности населения (туризм, миграционные рабочие) и, значительно большее увеличение, в тех случаях, когда мигранты становятся постоянными жителями.

Мировая туристическая организация насчитала близко 700 миллионов международных туристов побывавших на отдыхе в прибрежной зоне в 2000 году, 803 млн. – в 2005 году и 846 млн. – в 2006 году. Доходы от международного туризма составили: в 1990г. – \$ 264 млрд.; в 1995 г. - \$ 405 млрд.; в 2000г. - \$ 474 млрд.; в 2005 г. - \$ 676 млрд.; в 2006 г. - \$ 733 млрд. (Диаграмма 1).

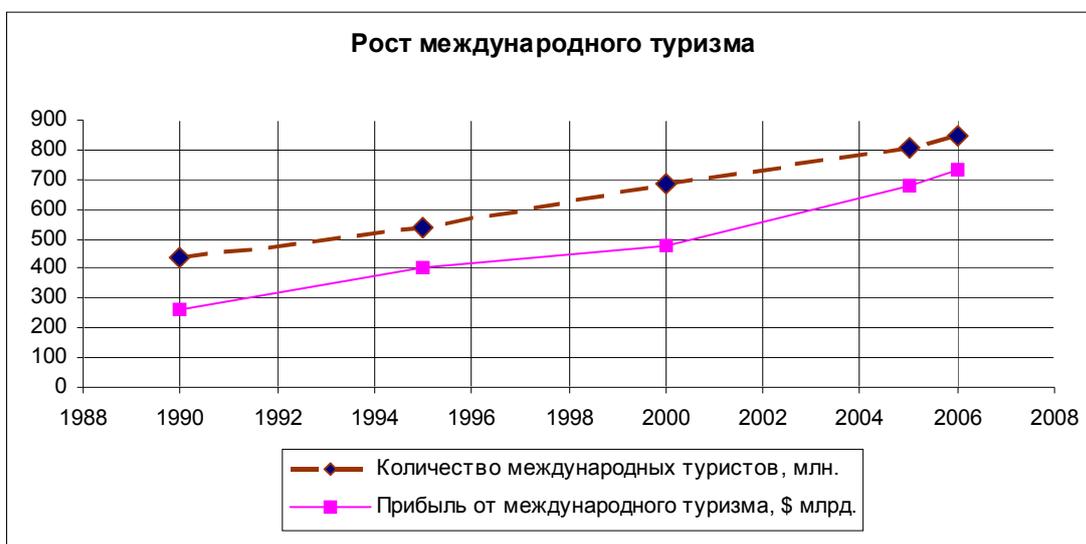


Диаграмма 1. Рост международного туризма, 1990 -2006 гг. (По данным Мировой туристической организации)

Последние десятилетия 20-го столетия явились свидетелями беспрецедентного роста туризма и отдыха вдоль побережий. По всем меркам, использование прибрежной зоны в качестве места отдыха стало самым крупным в мире экономическим фактором и основным источником дохода для развития и совершенствования инфраструктуры.

Морское побережье Украины обладает очень крупным рекреационным потенциалом и, по подсчетам некоторых специалистов [10], с учетом экологически допустимого использования побережья можно достичь рекреационного обеспечения около 60 млн. человек. Развитие курортно-рекреационной сферы на побережьях невозможно без наличия пляжей. Однако, в последние десятилетия, усилились процессы размыва берегов, что привело к сокращению ширины пляжей и потере ценных рекреационных территорий. В разгар курортного сезона в Большой Ялте обеспеченность отдыхающих пляжами составляет 37% [12]. В данной статье анализируется взаимодействие рекреационной деятельности и процессов абразии, рассматриваются достоинства и недостатки создания искусственных пляжей.

Из общей протяженности береговой линии моря Крымского полуострова (приблизительно 1000 км) пляжи составляют 517 км, в том числе свыше 100 км - искусственные. На восточном и западном побережье Крыма пляжи, в основном, естественные и тянутся сплошной полосой, а на Южном берегу Крыма - в своем большинстве, пляжи искусственные. Нормативный показатель нагрузки на пляж составляет 20 см береговой линии на одного рекреанта (или 5 м²/чел.) [1]. В Крыму сосредоточена почти половина мест рекреационно-курортных предприятий черноморского побережья и среди курортов СНГ Крым занимает первое место по емкости санаториев, домов и пансионатов отдыха в расчете на 1000 человек местного населения. Вместе с тем обращается внимание [Тараканов и Живицкий, 1994] на то, что современное освоение природно-ресурсного потенциала черноморского и азовского побережий неэффективно. Например, специалистами подчеркивается [Мамыкина и Беспалова, 1987], что протяженность естественных пляжей Азовского моря, удовлетворяющих требованиям рекреационного использования, невелика, что является одной из причин, сдерживающих курортное освоение. Другим примером незадействованного потенциала пляжных ресурсов может служить зона от Алушты до с. Приветное. Здесь на 35-километровом береговом отрезке имеется всего 3 км естественных песчано-галечниковых и около 30 искусственных галечниковых (протяженностью около 2 км) пляжей. А остальное побережье, в большинстве своем пригодное для строительства искусственных пляжей, остается незадействованным [11]. Кроме этого, ширина большинства пляжей черноморского и азовского побережий постоянно сокращается. Например, ширина судакского пляжа уменьшилась с 40-60 м до 6-10 м; по данным Сакской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции сокращение ширины евпаторийских пляжей составляет от 0,5 до 3 м в год, аналогичные результаты получены Ялтинской гидрогеологической и инженерно-геологической партией [8].

Процессы абразии связаны со многими природными и антропогенными факторами, в число последних входит и воздействие рекреационной деятельности. Одной из причин отступления берегов является то, что слишком близко к береговой линии ведется строительство. Это обуславливает размыв берега, исчезновение пляжей, а в некоторых случаях, создается серьезная опасность для отелей и других рекреационных сооружений. Так, на Азовском море нередко все основные строения и различные предприятия возводятся близко к кромке коренного берега, что обуславливает усиление абразионных процессов и потерю ценных прибрежных территорий. Из-за размыва и отсутствия охраны побережья ежегодная потеря земель составляет около 40 га [7]. На черноморском побережье в пределах Украины на косах и пересыпях, которые неустойчивы в условиях резкого дефицита пляжеобразующих наносов, не рекомендовано возводить здания и сооружения санаторно-курортного назначения, а на отступающих абразионных участках берега при выборе мест их расположения должны учитываться скорости отступления береговых обрывов для того, чтобы строительство не способствовало усилению процесса размыва ценных прибрежных территорий [2]. Вопреки этому, как отмечают Н.А. Айбулатов и Ю.В. Артюхин [1993], с 90-х годов на побережье Черного моря

началось беспорядочное строительство небольших домов отдыха, пансионатов, частных дач...

Ухудшение состояния пляжей в значительной степени связано и с непосредственным воздействием рекреантов, что, как и воздействие автомашин, сказывается в смещении масс наносов и изменении их состава, а это также способствует размыву пляжей. Свидетельством служат результаты специальных повторных нивелировок и теодолитных съемок на побережье Азовского моря. Такие факты необходимо учитывать при планировании мер рекультивации и искусственной "подпитки" конкретных участков пляжей [2].

Специалистами подчеркивалось [Шуйский и др., 1988], что рекреационные пляжи на пересыпях лиманов требуют искусственного восстановления своих территорий ввиду потерь земель в результате штормов и уничтожения растительного покрова отдыхающими, когда в течение купального сезона плотность их достигала 1 человек/1 м².

Основным способом защиты берегов является строительство берегоукрепительных сооружений. Сегодня в мировой практике используется несколько сотен методов и способов берегоукрепления, и не всегда они требуют больших материальных затрат. Обоснованное решение должно базироваться на прогнозе берегопереработки. Методы прогнозов берегопереработки постоянно совершенствуются, учитывают максимально возможное количество факторов влияния, их в настоящее время насчитывается около сорока [4]. Опыт показывает, что очень важно в процессе проектирования предвидеть характер взаимодействия волн с берегозащитным сооружением и учитывать опыт эксплуатации аналогичных сооружений. Неверный учет воздействия отдельных факторов может привести к разрушению сооружения, кроме этого может создаться критическая ситуация, когда во время штормов будут размываться пляжи, а также непосредственному воздействию волн будут подвергаться различные строения. Искусственные и естественные пляжи представляют собой одновременно важный рекреационный ресурс береговой зоны моря и способны эффективно гасить энергию волн. Таким образом, формирование новых искусственных пляжей (шириной 30-50 м), гармонически вписывающихся в рельеф побережья, или реставрация имеющихся с увеличением их полезной площади, будет способствовать их естественной защите и улучшению рекреационных возможностей. Поэтому в условиях усиления абразионных процессов и сокращения ширины естественных пляжей на многих участках побережья широко практикуется использование намыва искусственных песчаных или галечных пляжей в рекреационных целях. На территории Украины они намыты в Одессе, Планерском, Скадовске, Ильичевске; на южном берегу Крыма к девяностым годам было создано 20 га новых территорий в виде набережных и 60 га - в виде искусственных пляжей [Мальцев и Шахин, 1987]. В настоящее время, как отмечалось выше, более 100 км пляжей Крымского полуострова - искусственные. Более половины искусственных пляжей находится в аварийном состоянии, так как их площади сократились на 30-50 % и даже при небольших штормах волногашение происходит на гидротехнической стене набережной, разрушая пляж и подмывая фундаменты стен, приводя к разрушению конструкции [9].

Искусственные песчаные пляжи, намываемые без вспомогательных систем из бун или подводных волноломов с траверсами, в отечественной практике получили название "свободных пляжей". Вопрос о создании искусственных "свободных пляжей" ставился еще в XVIII в. английским ученым Смитом, а практически первый такой пляж появился в середине 30-х годов прошлого века в США [Айбулатов и Артюхин, 1993]. Для их создания необходимо наличие подводных карьеров или иных доступных источников грунта, а в ряде случаев - т.н. "бай-пассинг" (искусственная переброска рыхлого материала из мест его накопления). Их эффективность обычно достигается лишь при систематическом пополнении, "подпитке" путем дополнительного намыва. На побережье Азовского моря, в восточной стороне Таганрогского мыса (в бухте Андреева), в период 1975-1980 гг. на заболоченном, затапливавшемся и размывавшемся при нагонах участке берега был намыт "свободный пляж" шириной от 50 до 300 м и протяженностью 3 км [Мамыкина и Беспалова, 1987], для чего со дна было изъято 1894 тыс. м³ песка. Для его поддержания требуется регулярная ежегодная подпитка порядка 45 тыс. м³ грунта. Исходя из опыта многих стран, а также отечественного, величины уклонов

поверхности искусственных пляжей должны соответствовать естественным уклонам участка местного пляжа, а крупность материала должна быть большей или равной его крупности на естественном конкретном пляже. Например, неудачный опыт по намыву искусственных пляжей в Ирландии связан с использованием слишком мелкого материала, быстро вымытым в море. Наилучшими условиями для образования "свободных пляжей" признаны заливы и глубоко врезаемые бухты (защищенные от волнений участки побережий). По оценке специалистов [Лымарев, 1989а] расширение существующих пляжей или создание новых путем искусственного намыва грунта имеют первостепенное значение для улучшения природных свойств побережий морей и океанов. Поэтому сооружение искусственных намывных пляжей в рекреационных целях получило большой размах во многих странах, таких как США, Португалия, Кувейт, Гонконг, Франция, ФРГ, Бельгия, Испания, Уругвай, Мексика...

ВЫВОДЫ:

Черноморское побережье Украины располагает всеми необходимыми условиями для развития туристической деятельности. Процессы абразии приводят к уменьшению, а во многих случаях и к исчезновению многих пляжей и территорий, пригодных для рекреации. Как известно, отступление береговой линии связано со многими природными и антропогенными факторами. В число последних входит и рекреационная деятельность. Основным фактором воздействия рекреации на усиление абразионных процессов выступает беспорядочное рекреационное строительство близко к береговой линии и строительство на отступающих абразионных участках берега.

В настоящее время (начиная с 1991 года) работы по защите Крымского побережья Черного моря практически не ведутся. Из-за отсутствия средств были прекращены строительные работы по инженерной защите на 19 объектах. В концепции развития морского берега Крыма на 2006 - 2016 годы говорится: «Угрожающий характер приобрели оползни и абразионные процессы, которые влияют на состояние береговой линии. Только 11 процентов Черноморского побережья Крыма защищено берегоукрепительными сооружениями. Невзирая на выполнение ряда государственных и региональных программ развития и сохранения рекреационных систем, расположенных в прибрежной зоне Черного и Азовского морей, позитивной динамики в достижении определенных ими целей не наблюдается. Программы не выполняются через неопределенность реальных источников финансирования и отсутствие действенного контроля за осуществлением мероприятий» [3].

Между тем, развитие рекреации невозможно без наличия удобных, соответствующих санитарным нормам пляжей. В настоящее время на многих участках побережья широко практикуется использование намыва искусственных песчаных или галечных пляжей, в том числе "свободных пляжей". Основным достоинством свободных пляжей является, прежде всего, то, что при их использовании не нарушается естественный динамический режим в береговой зоне, и они не искажают вид берега. Кроме того, что они являются местом рекреации, они же являются и волногасящим сооружением. При определенной ширине пляжа волны теряют энергию настолько, что не могут оказать разрушительного воздействия на береговой уступ. Можно приближенно считать, что при ширине пляжа более 40 м при любом его составе гасятся волны штормов любой бальности, при 20-40 м – 6-8 баллов, при 10-20 м – 4-6 баллов, при 0-10 м – 2-4 баллов [5].

К сожалению, этот метод имеет свои недостатки. Свободные пляжи под воздействием волн и течений, возникающих при штормах и нагонах, теряют часть пляжеобразующего материала и поэтому требуют постоянного их пополнения, до тех пор, пока не наступит динамическое равновесие и объем потерь не станет постоянным. Материал, завезенный из карьеров, уничтожает в прибрежной полосе нерестилища рыб, гибнут креветки, крабы, водоросли и другие представители бентоса. Наблюдается качественное обеднение фауны и снижение её количественных показателей. Если для защиты искусственно отсыпанных пляжей используются буны, то они затрудняют циркуляцию воды в межбунных пространствах, что приводит к её застою.

Морская вода теряет прозрачность и цвет. Например, в Голубом заливе прозрачность воды снизилась до 6 - 8 м, против 18 м в 60-е годы XX в. [8].

Туризм, с одной стороны, наносит ущерб приморскому ландшафту, но, с другой стороны, само развитие туризма требует охраны природы, экологического благополучия, а, следовательно, отчисления от доходов за счет туризма должны идти на природоохранные мероприятия, рекультивацию прибрежных территорий, очистку вод, на пополнение, создание и сохранение пляжей... Сохранение стабильности, устойчивого природного режима побережий в условиях продолжающегося освоения их ресурсов невозможно без учета так называемого "антропогенного фактора" и предотвращения его негативных последствий [Артюхин, 1989а].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1) Бережная И.В. Комплекс условий и факторов рекреационной специализации Крыма // Вопросы развития Крыма - Выпуск 2, Симферополь: Таврия-Плюс.
- 2) Долотов Ю.С. Проблемы рационального использования и охраны прибрежных областей Мирового океана. Москва: Научный мир, 1996. - 304 с.
- 3) Кабинет Министров Украины. Постановление от 22 августа 2005 г. № 789 «Об одобрении Концепции развития морского берега Крыма на 2006-2016 годы», Киев
- 4) Карлин Л.Н., Абрамов В.М. Управление энвиронментальными и экологическими рисками. Учебное пособие - Санкт-Петербург: РГГМУ, 2006. - 332 с.
- 5) Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека Москва, "Недра", 1978
- 6) Объединенный стратегический план прибрежного модуля Глобальной системы наблюдений за океаном. Отчет ГСНО № 125; Серия информационных документов МОК № 1183; ЮНЕСКО, 2003
- 7) Мамыкина В.А., Хрусталева Ю.П. Береговая зона Азовского моря. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1980. 174с.
- 8) Олиферов А.Н., Тимченко З.В. Реки и озёра Крыма. Симферополь: Доля, 2005. - 216 с.
- 9) Программа инженерной защиты территорий Автономной Республики Крым от оползневых и абразионных процессов на 2000-2005 годы. Утверждена постановлением Верховной Рады Автономной Республики Крым от 26 апреля 2000 года № 1091-2/2000
- 10) Степанов В.Н., Харичков С.К., Уемов А.И. Экономика и организация природопользования в приморском регионе. Киев: Наукова Думка, 1987. 143с.
- 11) Фербей Г.Г., Павленко А.П. // Материалы V научных чтений КНП, № 3, сентябрь 1998г.
- 12) Юровский Ю.Г., Юдин В.В. Проблемы развития побережий Крыма. Мат. Конференции «Земельная реформа в Украине. Современное состояние и перспективы дальнейшего усовершенствования земельных отношений» К., 2001.

Чабан В.В., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Особенности формирования Сакского соленого озера под воздействием природных и техногенных факторов.

Показывается роль природных и техногенных факторов, под воздействием которых происходит формирование Сакского озера.

Гидроминеральные ресурсы, рапа, гидрогеологический режим.

На территории Крымского полуострова в 80-х годах XX века насчитывалось около 40 природных озер, обладающих лечебными ресурсами: лечебной рапой и грязями. Большинство озер лиманного происхождения и система их образования одинакова. В процессе формирования лечебных ресурсов, в силу специфических географических условий, доминантными выступали различные природные факторы, что и обусловило химическое и биологическое отличие между донными отложениями водоемов.

На протяжении десятилетий все соленые озера испытывали сильное техногенное воздействие, прежде всего со стороны химической промышленности и сельского хозяйства. В результате чего, на сегодняшний день только некоторые озера сохранили свои лечебные свойства. Одним из таких озер является Сакское соленое озеро [1].

Ежегодно на Сакском месторождении добывают до 80 т лечебных грязей, а рапу озера используют для обслуживания более 100 санаториев и здравниц. Гидрологический режим водоема полностью регулируется человеком, что в условиях непрерывного техногенного воздействия позволяет сохранить лечебные ресурсы озера.

Основной задачей данной работы является изучение истории формирования озера и техногенных факторов, под воздействием которых происходили гидрологические и физико-химические преобразования Сакского соленого озера.

Планомерное изучение Сакского озера началось в 1916 г., когда гидрометрической частью Министерства земледелия была послана экспедиция проф. П. Кашинского. Поставленные широко работы, к сожалению, начавшейся войной были прерваны, и гипсование озера продолжалось. И только лишь в 1925 г. Главное курортное управление послало в Саки физико-химическую и гидробиологическую экспедицию профессоров С. Н. Щукарева и Б. В. Перфильева для детального всестороннего обследования озера и выявления ряда практических заданий. Экспедиция работала три года в тесном контакте с Наблюдательной станцией, основанной в 1926 г. как постоянно функционирующее учреждение при Сакском государственном курорте [2].

В дальнейшем изучением гидроминеральных ресурсов озера в разное время занимались такие ученые как: Дзенс-Литовский А.И., Пастак С.А., Щукарев С.Н., Косовская А.Ф. и др.

Полученные результаты при изучении Сакского соленого озера, используют для исследования других аналогичных озер как на территории АРК, так и за ее пределами.

При изучении особенностей техногенного формирования Сакского соленого озера проведена работа с литературными данными и фондовыми материалами Сакской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции (ГГРЭС). Был выполнен анализ и обобщение ряда работ исследователей, занимающихся изучением Сакского соленого озера.

Природные условия формирования Сакского соленого озера.

Сакское солёное озеро представляет собой затопленное морскими водами устье двух балок: Чеботарской и Чокракской. Около 5 тысяч лет назад, при понижении уровня Черного моря, морская вода осталась в мелководном водоеме, который со временем отшнуровался от Каламитского залива песчаной перемычкой (морской пересыпью). С этого момента началось формирование Сакского соленого озера.

На протяжении нескольких тысячелетий озеро испытывало влияния специфических природ-

ных факторов, которые способствовали образованию и накоплению донных отложений. Все природные факторы, влияющие на образование Сакского соленого озера и на протекающие в нем процессы грязеобразования, можно разделить на две категории: постоянные и переменные.

К постоянным природным факторам относятся:

- геоморфологические;
- геологические;
- тектонические.

К переменным природным факторам относятся:

- гидрогеологические;
- климатические;
- биологические.

Все перечисленные природные факторы оказывают совместное воздействие на процесс образования Сакского соленого озера и не являются взаимозаменяемыми, то есть при нарушении влияния одного из факторов (в результате природных изменений или антропогенного вмешательства) связанные с ним процессы замедляются.

Влияние постоянных факторов измеряется столетиями и результат их воздействия проявляется в специфических (характерных только для данного района) сложных геологических и гидрогеологических процессах, которые около 5 тыс. лет назад положили начало образованию Сакского соленого озера: образование перемычки отделяющей водоем от моря и обеспечение особого гидрологического режима, необходимого для процессов соленакопления и грязеобразования.

Воздействие переменных во времени природных факторов на Сакское соленое озеро менее растянуто во времени, их результаты (положительные или отрицательные) можно проследить даже в течение одного сезона: изменение минерализации озера, смена вегетационного периода у микроорганизмов, заселяющих водоем, анабиоз и т.д.

Благодаря непрерывному воздействию на озеро различных природных факторов в течение нескольких тысячелетий, на сегодняшний день Сакское соленое озеро является месторождением иловых сульфидных грязей и рапы.

Процесс грязеобразования – сложный природный физико-химический и микробиологический процесс, связанный с деятельностью микроорганизмов и водорослей, а также процессов химического превращения веществ [3].

Из-за изменения воздействия переменных факторов процесс грязеобразования в разные годы шел по разному. Это хорошо просматривается на поперечном разрезе грязевой залежи: переход от светлых полосок к более темным и наоборот свидетельствует о разном накоплении донных осадков в разные годы. Было подсчитано, что до начала интенсивной промышленной эксплуатации водоема, в год в среднем образовывалось около 1,5 мм лечебной грязи [3], а в 90-х годах прошлого столетия интенсивность грязеобразования колебалась в пределах 0,8 – 0,9 мм в год (по подсчетам проф. Костикова И.Ю.). В некоторые годы процесс грязеобразования сильно замедлялся или полностью прекращался (например: после размытия буферной дамбы в 1947г., во время активной деятельности Сакского химического завода 80 – 90-х годах) [4].

Особенности техногенного воздействия на Сакское соленое озеро.

Эксплуатация Сакского озера в целях добычи самосадочной соли началась примерно с VI ст. Во времена крымских ханов Сакское озеро называлось Тузлы, что значит «соль», и служило одним из главных источников соли не только для Крыма, но и для Новороссии. Сакское озеро в целях соледобытывания эксплуатировалось мелкими арендаторами, которые устроили 13 промыслов вдоль берегов, главным образом, в восточном конце озера.

В 1883 году все Сакское озеро сдано в аренду на срок до 1939 года И.П. Балашову, который немедленно приступил к оборудованию нового большого промысла, по типу Южно-Французских промыслов.

В северо-западной части Сакского озера были расположены бассейны соляного промысла, а на восточной оконечности — грязелечебница.

Летом слой рапы, покрывающей грязь, бывал и незначителен из-за испарения ее; в прежнее

время (до 1895 г.) постоянно дующие восточные ветры часто отгоняли рапу от грязелечебницы.

В таких случаях грязь обнажалась и, начиная с поверхности, окислялась. Грязелечебница признана была рыть глубокие каналы для забора рапы. Специальная комиссия в составе проф. Мушкетова, Коновалова, Мержеевского и др. сочла необходимым отгородить курортную часть озера при помощи перемычки. Комиссия считала, что с «устройством перемычки, бассейнов и канала Сакская грязелечебница будет поставлена в лучшие и небывалые до сих пор условия».

Морской канал был построен в 1885 г., а перемычка — в 1895 г., тогда же была сооружена Михайловская дамба (плотина) для защиты озера от паводочных вод. Часть озера, примыкающая к грязелечебнице (так наз. Восточный бассейн), стала, таким образом, изолированным водоемом, отрезанным со всех сторон от источника питания. На очереди стоял вопрос о питании озера и грязелечебница вошла в соглашение с промыслом.

Промысел стал подавать сгущенную рапу из Западного бассейна в Восточный. Продуктивность промысла росла и с ней росло его благосостояние. Была довольна первое время и грязелечебница. Она имела всегда рапу в озере и притом высокой концентрации. Но на поверхности грязи стал осаждаться гипс. И лишь когда гипс превратился в сплошную кору, тормозящую работу добычи грязи, причиняющую ранения грязевикам и неприятности больным, грязелечебница забила тревогу, ибо стала опасаться и за дальнейшую сохранность грязи, ее порчи и гибели.

Первый год работы станции протекал в особо тяжелых условиях: химическая лаборатория только налаживалась, штат был недостаточным, а взаимоотношения с «Химсольтрестом» были напряженными. В июле 1926 г. между курортом и «Химсольтрестом» произошел конфликт, курорт закрыл шлюзы и до апреля 1927 г. впуска озерной рапы и забора рапы не производили. Восточный бассейн был совершенно изолирован в течение 8 месяцев. Только вследствие выпавших дождей курорт провел этот сезон благополучно.

В 1927 г. Наблюдательная станция принимает меры к тому, чтобы начать правильное питание озера морской водой. Стремления станции были направлены к тому, чтобы снизить концентрацию рапы в озере и прекратить дальнейший рост гипсовой корки. И в июле 1927 г., впервые после 30-летнего перерыва, Восточный бассейн получил морскую воду. В 1927 году был заключен договор между курортами и «Химсольтрестом», по которому Восточный бассейн получает питание не только озерной, но и морской водой.

Опыт питания морской водой оказался удачным; пропускная способность канала доходила до 15000 м³ в сутки. В 1930 г. станция полностью перешла на морское питание лечебного водоема.

Благодаря работе станции, с 1930 года удалось полностью перейти на питание озера морской водой, что позволило поддерживать нужный уровень минерализации рапы в течение всего года [3].

В современном состоянии озеро представляет каскад изолированных друг от друга водоемов, которые делятся на три группы:

I группа. Водосбор Михайловской и Чеботарской балок:

1. Михайловский пруд.
2. Буферный бассейн.

II группа. Водосбор Чокракской балки:

1. Водоём Чокрак.
2. Водоём Ковш.
3. Накопительные и испарительные бассейны.

III группа. Месторождение лечебной грязи и рапы:

1. Западный лечебный. Западный лечебный бассейн является резервным бассейном для перспективной добычи кондиционной грязи и рапы (площадь равна 3,67 км², объём равен 3,29 млн. м³, среднемноголетние превышения над уровнем Чёрного моря Н = -0,9).
2. Восточный лечебный бассейн является площадью современной добычи лечебной грязи и рапы на основании государственной лицензии на разработку месторождения (площадь равна 1,42 км², объём равен 1,27 млн. м³, среднемноголетние превышения над уровнем Чёрного моря Н = -0,9 м) (рис. 1) [6].

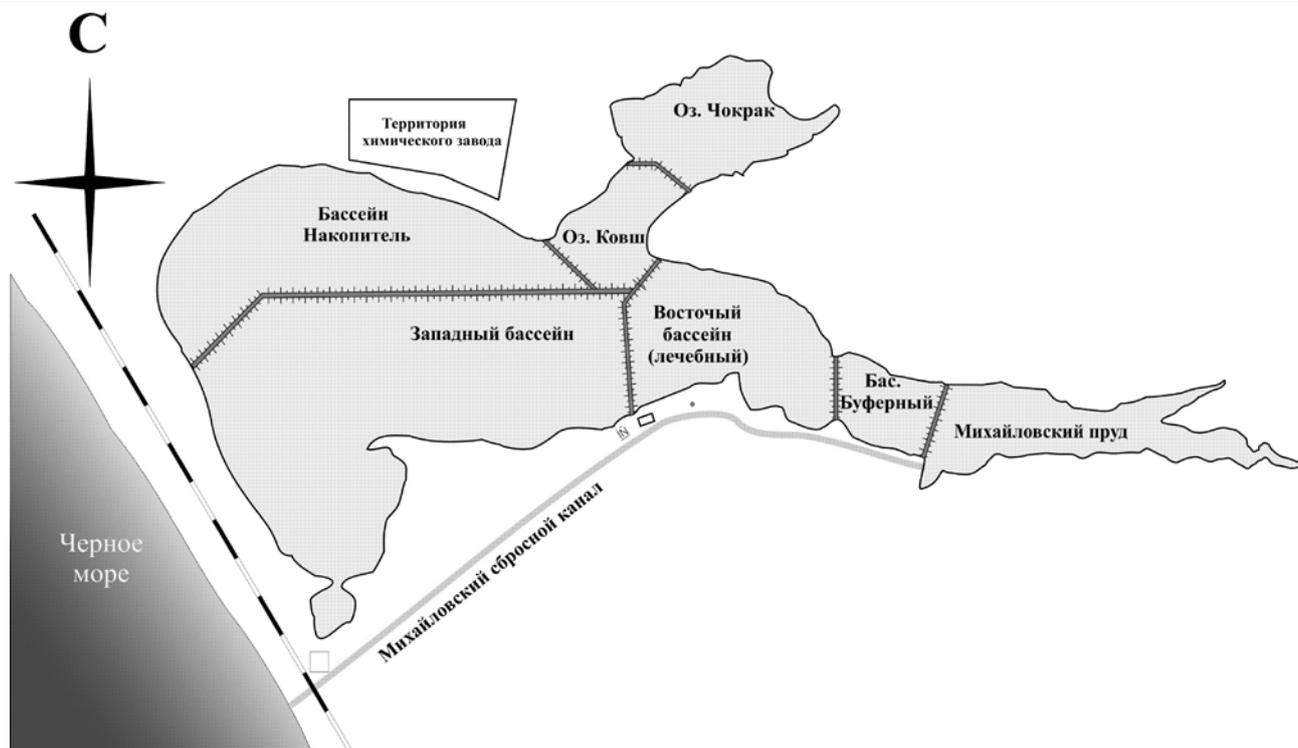


Рис.1. Система бассейнов Сакского соленого озера

В засушливое время года подпитка восточного и западного бассейна осуществляется морской водой при помощи специально построенного трубопровода.

С целью предотвращения переполнения Михайловского пруда и озера Чокрак во время осенних и весенних паводков и размытия дамб (как уже случилось в 1911 и 1947 годах) производится регулярная откачка вод из этих водоемов. Для перекачки воды из Михайловского пруда в биологический пруд накопитель, а затем в Черное море, построен специальный обводной канал. Воды из Чокрака откачивают через каскад водоемов Чокрак – Ковш – Испаритель [3].

Для осуществления контроля за физико-химическими и санитарно-бактериологическими показателями рапы и донных отложений Восточного и Западного бассейна на Сакской ГГРЭС постоянно функционирует Центральная Испытательная Лаборатория.

За влиянием техногенных факторов на Сакское соленое озеро установлен постоянный контроль.

Контроль над колебанием уровня грунтовых вод и их санитарного состояния осуществляется при помощи специально оборудованных скважин грунтовых вод. В целом для контроля по периферии озера пробурено 12 скважин грунтовых вод.

В пределах курорта установлены зоны округа санитарной охраны в соответствии с Постановлением Совета Министров УССР от 12.08.82 г. №414 с учётом корректировки их границ, выполненных в 2003 г. институтом «Крымгипроводхоз» [5].

Площади зон санитарной охраны курорта следующие:

- I-я зона (22940 м);
- II-я зона (34825 м);
- III-я зона (68200 м).

Контроль за соблюдением режима округа санитарной охраны осуществляется Группой Полевого Мониторинга, проходит в форме объездов или пеших обходов границ зон санитарной охраны. Ежегодно выявляется более сотни природоохранных нарушений, большая часть которых происходит в пределах границы первой зоны санитарной охраны. Для поиска виновных в природоохранных нарушениях и ликвидации последствий этих нарушений сотрудники станции работают в тандеме с районной Госэкоинспекцией и ГАИ города Саки.

В пределах озера образовались определенные объемы рапы и грязей, которые представляют лечебные ресурсы.

К лечебным ресурсам озера относят покровную сокоминерализованную рапу и иловые сульфидные грязи.

Рапа озера является высокоминерализованным раствором, соленость которого колеблется в течение года от 60 до 250 г/л. Рапа тонким слоем покрывает залежь лечебной грязи.

Рапу используют как самостоятельный бальнеологический препарат при лечении опорно-двигательного аппарата, болезни хребта, травматических повреждений костей и мышц, при заболевании периферической нервной системы, так и для разбавления лечебной грязи.

Лечебная грязь состоит из двух главных частей: твердой фазы и солевого раствора, заполняющего промежутки между твердыми частицами. Ее используют при заболеваниях нервной системы, опорно-двигательного аппарата, гинекологических, кожных заболеваниях и заболеваниях ЛОР-органов [4].

ВЫВОДЫ

1. Специфическое воздействие природных факторов (геоморфологических, геологических, тектонических, гидрогеологических, климатических и биологических) на протяжении тысячелетий привело к образованию донных отложений и рапы, бальнеологические показатели которых позволяют успешно применять их при лечении многих заболеваний.
2. На протяжении всего XX века Сакское соленое озеро испытывало сильное техногенное влияние, что привело к гидрологическому преобразованию водоема (разделение на отдельные водоемы, каждый из которых имеет свое хозяйственное или лечебное назначение) и изменению физико-химических и биологических процессов, протекающих в нем (садка гипса на дно озера, изменение интенсивности процесса грязеобразования).
3. Разные бассейны озера в различной степени испытывали и испытывают техногенное влияние. В Западный бассейн долгое время поступали сточные воды химзавода, в результате чего рапа содержала в достаточно высоких концентрациях йод и бром [4]. Восточный бассейн является лечебной грязевой базой Сакского курорта и испытывает определенную рекреационную нагрузку. Во время аварий в городской канализационной системе в него поступают неочищенные бытовые сточные воды. Наиболее богат растворенной органикой и биогенными элементами Буферный бассейн, в который поступают обмывочные воды грязелечебницы и частично-бытовые стоки курорта.
4. Благодаря изолированию Восточного и Западного бассейна от других водоемов каскада удалость сохранить лечебные ресурсы озера и снизить до минимума техногенное загрязнение. Регулирование гидрологического режима водоема позволяет контролировать процессы грязеобразования и выпадения в осадок гипса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулов О.А., Хохлов В.А. Информация о современном состоянии гидроминеральных ресурсов лечебного назначения на территории АР Крым. // Сборник статей специалистов ДП «Сакская ГГРЭС» 1995 – 2007. г.Саки. - С.41 – 44.
2. Научная летопись Сакского озера. - г.Симферополь, 2001 – 145 с.
3. Основы курортологии, М: Медгиз, 1956 – 750 с.
4. Родкин В.И. Формирование геохимической обстановки месторождений лечебных грязей Крыма в условиях техногенного воздействия. -М: 1988, - 20 с.
5. Рабочий проект «Правила эксплуатации системы прудов и гидротехнических сооружений, защищающих Сакское месторождение лечебных грязей», Симферополь: «Крымгипроводхоз», 2002, - 50 с.
6. Сборник статистических данных о режиме и эксплуатации месторождения лечебной грязи и рапы Сакского соленого озера (1946 – 2006 гг.). – Саки. 2006 – 131 с.

Раздел 6. Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация, теплоснабжение и энергетика

УДК 697.329

Анисимов С.Н., доцент, Глухов Н.Д., д.т.н., профессор, Климова А.Д., магистрант, Маркин А.В., инженер

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Особенности расчета конвективных испарительных поверхностей нагрева парогенераторов.

Предложена методика оценки и уточненного расчета температуры на выходе из испарительных поверхностей нагрева парогенераторов.

Конвективный теплообмен, теплопередача, парогенератор, продукты сгорания, испарительные поверхности нагрева, тепловой баланс, энтальпия, присос воздуха.

Конвективными поверхностями нагрева парогенераторов называют поверхности, расположенные в газоходах, которые воспринимают теплоту в основном за счет конвективного теплообмена. К таким поверхностям относятся котельный пучок труб, пароперегреватель, водяной экономайзер и воздухоподогреватель.

Интенсивность конвективного теплообмена зависит от скорости продуктов сгорания и обогреваемой среды, воспринимающей теплоту; физических свойств теплоносителей; характера омывания поверхности нагрева (продольное, поперечное, смешанное); конструктивных характеристик поверхностей нагрева; режима течения (ламинарный, турбулентный) и т.д.

В основе расчета всех конвективных поверхностей нагрева лежат два уравнения:
уравнение теплового баланса

$$Q_6 = \varphi(I' - I'' + \Delta\alpha I_{nrc}^0); \quad (1)$$

уравнение теплопередачи в рассматриваемой поверхности нагрева

$$Q_T = \kappa H \Delta t / B_p, \quad (2)$$

где: φ – коэффициент сохранения тепла; I' и I'' – энтальпия продуктов сгорания на входе и выходе для рассматриваемой поверхности нагрева, соответственно кДж/кг (кДж/м³); $\Delta\alpha$ – присос воздуха в рассматриваемой поверхности; I_{nrc}^0 – энтальпия присасываемого воздуха; κ – коэффициент теплопередачи $Вт/(м^2 \cdot К)$; H – площадь поверхности нагрева, м²; Δt – температурный напор, °С; B_p – расчетный расход топлива, кг/с.

Величина Q_6 в левой части уравнения (1) в раскрытой форме для разных поверхностей нагрева имеет разный вид:

для пароперегревателя

$$Q_{6ne} = D(i_{nc} - i') / B_p, \quad (3)$$

где: D – расход воды через водяной экономайзер, кг/с; i_{nc} и i' – энтальпии перегретого и насыщенного пара, кДж/кг;
для водяного экономайзера

$$Q_{6.в.э} = D_e(i''_{6.в.э} - i'_{6.в.э}) / B_p, \quad (4)$$

где: D_e – расход воды через водяной экономайзер, кг/с; $i''_{6.в.э}$ и $i'_{6.в.э}$ – энтальпии воды на входе и выходе из экономайзера, кДж/кг;
для воздухоподогревателя

$$Q_{6.вн} = (\beta''_{6.н} + 0,5\Delta\alpha_{6.н})(I_{6.н}^{0''} - I_{6.н}^{0'}), \quad (5)$$

где: $\beta''_{6.н}$ – отношение количества воздуха на выходе из воздухоподогревателя к теоретически необходимому; определяется из равенства $\beta''_{6.н} = \alpha_m - \Delta\alpha_m$ (где $\Delta\alpha_m$ – присос воздуха в топке;

$\Delta\alpha_{e,n}$ – присос воздуха в воздухоподогревателе); $I_{e,n}^{0'}$ и $I_{e,n}^{0''}$ – энтальпии теоретически необходимого количества воздуха при температурах на входе и выходе из воздухоподогревателя, соответственно, кДж/кг (кДж/м³).

Для испарительных пучков левая часть уравнения (1) в раскрытой форме не может быть представлена, т.к. нельзя точно установить количество тепла, переданное в отдельных газоходах собственно котла. В этом и состоит основная сложность расчета испарительных пучков. В силу этого, расчет испарительных пучков проводят графо-аналитическим методом последовательных приближений, задавая значения температур ϑ'' на выходе из рассчитываемого газохода, что представляет известные сложности, особенно при наличии нескольких газоходов или при ступенчатом изменении живых сечений газоходов.

Традиционно расчет каждого отдельного газохода проводят задавшись двумя значениями температур ϑ_1'' и ϑ_2'' на выходе из газохода. После этого определив теплоту воспринимаемую в газоходе по уравнениям (1) и (2), графическим способом (рис. 1) находят действительную температуру продуктов сгорания за газоходом. Необходимость графических построений усложняет автоматизацию расчетов.

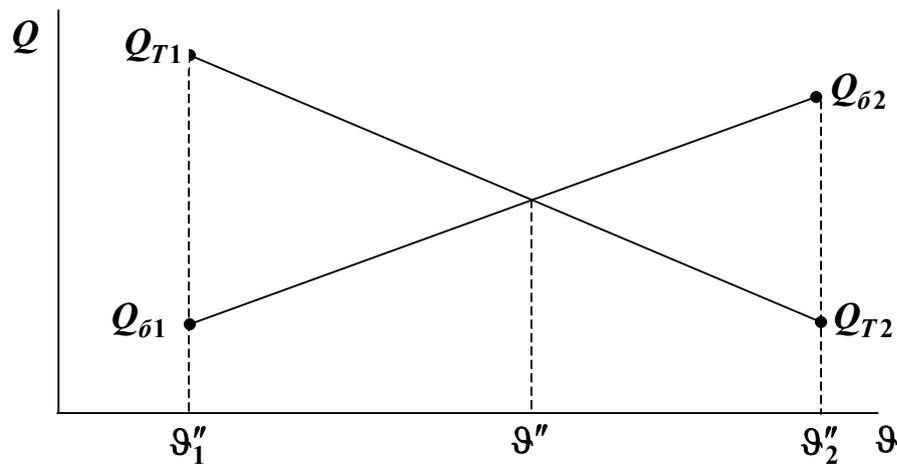


Рис. 1. Схема графического определения температуры ϑ'' на выходе из поверхности нагрева

Точность расчета будет тем выше, чем уже принятый диапазон температур на выходе из поверхности нагрева. Правильное назначение температур на выходе представляет известную трудность даже для опытных проектировщиков.

Возможен иной подход, который позволяет избежать указанных трудностей и отказаться от графических построений. Он основан на предварительной оценке возможных значений температур на выходе из рассчитываемых поверхностей нагрева, что дает возможность избежать ошибок при назначении температур и получить более точные результаты.

Такой подход включает следующие моменты:

- 1) оценка температуры продуктов сгорания за всей испарительной поверхностью нагрева (на выходе из котла) и определение полной теплоемкости продуктов сгорания в пределах котла;
- 2) оценка температуры продуктов сгорания за рассчитываемой поверхностью нагрева ϑ'' и назначение температур ϑ_1'' и ϑ_2'' ;
- 3) расчет поверхности нагрева и определение действительной температуры на выходе из рассчитываемой поверхности нагрева аналитическим методом.

Оценка температуры продуктов сгорания на выходе из котла.

Для предотвращения вскипания воды в экономайзере, в соответствии с рекомендациями нормативного метода [1], $i' - i_{e,3}'' \geq 125$ кДж/кг, тогда ориентировочная паропроизводительность топki составит

$$D_T = B_p Q_{\lambda}^T / (i' - i_{e,3}'') = B_p Q_{\lambda}^T / (r + 125), \quad (6)$$

где: Q_l^T – тепловосприятие топки, кДж/кг (кДж/м³); r – теплота парообразования, кДж/кг.

Ориентировочное тепловосприятие всей конвективной испарительной поверхности нагрева котла

$$Q_{\kappa}^k = (D - D_T) \cdot (i' - i''_{6.3}) / B_p = (r + 125) \cdot (D - D_T) / B_p, \quad (7)$$

где D – паропроизводительность котельного агрегата, кг/с.

Тогда энтальпия продуктов сгорания на выходе из котла согласно (1) составит

$$I''_{\kappa} = I' - Q_{\kappa}^k / \varphi + \Delta\alpha_{\kappa} I_{nrc}^0, \quad (8)$$

где: I' – энтальпия продуктов сгорания на входе в испарительные поверхности нагрева котла, кДж/кг (кДж/м³); $\Delta\alpha_{\kappa}$ – присос воздуха к испарительным поверхностям нагрева котла.

Температуру продуктов сгорания на выходе из котла \mathcal{G}'' , соответствующую численному значению I''_{κ} , находим по I, \mathcal{G} – таблице. Тогда средняя полная теплоемкость продуктов сгорания в пределах испарительной поверхности нагрева котла составит:

$$C = (I' - I''_{\kappa}) / (\mathcal{G}' - \mathcal{G}''), \quad (9)$$

где \mathcal{G}' – температура продуктов сгорания на входе в испарительную поверхность нагрева, °C.

Оценка температуры за рассчитываемой поверхностью нагрева

Средний температурный напор в испарительной поверхности нагрева согласно [1] можно определить по уравнению

$$\Delta t = \mathcal{G}_{cp} - t_s = (\mathcal{G}' + \mathcal{G}) / 2 - t_s, \quad (10)$$

где: $\mathcal{G}', \mathcal{G}''$ – температуры продуктов сгорания на входе и выходе из рассчитываемой поверхности нагрева, °C; t_s – температура насыщения воды при давлении в барабане котла.

Теплоту, воспринимаемую поверхностью нагрева по уравнению теплового баланса, при известном значении полной теплоемкости C , определяем по уравнению

$$Q_{\bar{o}} = B_p \cdot \varphi [C(\mathcal{G}' - \mathcal{G}'') + \Delta\alpha I_{ex}^0], \quad (11)$$

где $\Delta\alpha$ – присос воздуха в рассчитываемой поверхности нагрева.

Решая совместно уравнения (2) и (11), с учетом (10), определяем ориентировочное значение температуры продуктов сгорания на выходе из поверхности нагрева

$$\mathcal{G}'' = \frac{B_p \cdot \varphi (C \mathcal{G}' + \Delta\alpha I_{xs}^0) - (\mathcal{G}' / 2 - t_s) \cdot \kappa \cdot H}{\kappa H / 2 + B_p \cdot \varphi \cdot C}. \quad (12)$$

Правая часть уравнения (12) содержит одно неизвестное – коэффициент теплопередачи κ . В результате статистической обработки существующих данных по расчетам конвективных испарительных пучков [2-5] была получена зависимость

$$q \approx 46 \Delta t, \quad (13)$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м².

Учитывая, что $q = \kappa \Delta t$, из (13) следует, что для оценочных расчетов можно принимать $\kappa \approx 46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, тогда

$$\mathcal{G}'' \approx \frac{B_p \cdot \varphi (C \mathcal{G}' + \Delta\alpha I_{xs}^0) - 46(\mathcal{G}' / 2 - t_s) H}{23 H + B_p \cdot \varphi \cdot C}. \quad (12a)$$

Полученное значение \mathcal{G}'' используем для назначения температурного интервала уточненного расчета теплообмена в поверхности нагрева:

$$g_1'' = g'' - 50 \text{ } ^\circ\text{C} ; g_2'' = g'' + 50 \text{ } ^\circ\text{C} . \quad (14)$$

Далее расчет проводится по обычной методике [1].

Определение действительной температуры за расчетной поверхностью нагрева аналитическим методом

Как указывалось выше, можно избежать графических построений для определения действительной температуры на выходе из поверхности нагрева. Для этого необходимо решить задачу по определению координат точки пересечения двух прямых, представленных на рис. 1.

Уравнение прямых тепловосприятости по тепловому балансу и по уравнению теплопередачи запишутся в следующем виде

$$Q_{\sigma} = Q_{\sigma 1} + \frac{Q_{\sigma 2} - Q_{\sigma 1}}{g_2'' - g_1''} (g'' - g_1''), \quad (15)$$

$$Q_T = Q_{T1} + \frac{Q_{T2} - Q_{T1}}{g_2'' - g_1''} (g'' - g_1''). \quad (16)$$

Действительное значение температуры продуктов сгорания на выходе из поверхности нагрева находим из совместного решения (15) и (16)

$$g'' = g_1'' + \frac{g_2'' - g_1''}{(Q_{\sigma 2} - Q_{T2}) / (Q_{T1} - Q_{\sigma 1}) + 1}. \quad (17)$$

Действительное количество тепла, воспринимаемого поверхностью нагрева находим из (15) или (16) путем подстановки найденного значения g'' .

ВЫВОДЫ

1. Анализ существующей методики расчета конвективного теплообмена в испарительных поверхностях нагрева парогенераторов показал, что не существует прямого решения задачи.
2. Предложена методика оценки температуры продуктов сгорания на выходе из всей испарительной поверхности нагрева (за котлом).
3. Предложена методика оценки температуры продуктов сгорания на выходе из отдельных газоходов или элементов поверхности нагрева.
4. Предложен аналитический метод расчета действительной температуры на выходе из поверхности нагрева вместо графического метода.
5. Предложенные методики позволяют автоматизировать и значительно сократить процесс вычислений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Под ред. Н.В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
2. Бузник В.М. Теплопередача в судовых энергетических установках. – Л.: Судостроение, 1967. – 376 с.
3. Гусев Ю.Л. Основы проектирования котельных установок. – М.: Стройиздат, 1973. – 248 с.
4. Зах Р.Г. Котельные установки. – М.: Энергия, 1968. – 352 с.
5. Либерман Н.Б., Нянковская М.Т. Справочник по проектированию котельных установок систем централизованного теплоснабжения. – М.: Энергия, 1979. – 224 с.

Баласанян Г.А., д. т. н., профессор

Одесский национальный политехнический университет

Оптимизация режимов нагрузок интегрированной системы энергоснабжения на базе когенерационных технологий и геотермального источника тепла

Предложена методика согласования графиков электрической и тепловой нагрузки интегрированной системы энергоснабжения на базе когенерационной установки и геотермального источника тепла. Определены допустимые пределы соотношений тепловых и электрических нагрузок в зависимости от коэффициента заполнения графика электрической и тепловой нагрузок потребителя. Выполнена сравнительная экономическая оценка предложенной системы энергоснабжения и системы с отдельной генерацией.

Когенерационная установка - Геотермальный источник тепла - Режимы нагрузок.

Автономное энергоснабжение коммунально-бытовых потребителей на основе когенерационных технологий находит все более широкое применение и является одним из основных направлений развития систем распределенной генерации. Наибольшее распространение в этом секторе получили когенерационные установки (КУ) малой мощности на базе газопоршневых двигателей-генераторов.

Энергетическая и экономическая эффективность систем когенерации во многом ограничивается несоответствием графиков тепловой и электрической нагрузок потребителя соответствующим графикам КУ, а также значительной суточной и сезонной неравномерностью как электрической, так и тепловой нагрузок потребителя [1].

Использование систем теплоснабжения на базе геотермальных источников тепла также предполагает ряд ограничений, определяемых низким температурным потенциалом источника (при относительно небольших глубинах скважин – 1.5-2 км), значительными капитальными затратами на бурение, необходимостью использования дополнительных и резервных источников энергии для обеспечения бесперебойного функционирования системы, длительным сроком окупаемости. Существенным также являются значительные затраты электроэнергии на подъем геотермальных вод с указанной глубины для месторождений, ресурсы которых можно извлечь только насосным способом [2].

Решить задачу повышения эффективности когенерационных установок малой мощности и конкурентоспособности систем геотермального теплоснабжения в данной работе предлагается за счет внедрения интегрированных систем энергоснабжения (ИСЭ), сочетающих, в частности, когенерационную установку малой мощности и геотермальный источник тепла, благодаря чему значительно компенсируются ограничения, присущие каждой системе в отдельности [3].

Кроме повышения эффективности когенерационной установки, при внедрении ИСЭ, существенную роль играет также возможность расширения диапазона регулирования соотношения электрической и тепловой нагрузок потребителя [4].

Пригодность геотермальных вод как дополнительного источника тепла для ИСЭ определяется, прежде всего, их энергетическим потенциалом, общими запасами и дебитом буровых скважин, химическим составом, минерализацией и агрессивностью вод, температурным и гидравлическим режимами буровых скважин, фильтрационной способностью пород-коллекторов, глубинами залегания водоносных пластов и их характеристиками, возможностью утилизации отработанных вод и др. [2].

Наиболее перспективными источниками для их использования в ИСЭ можно считать низко-температурные термальные воды с температурой до 60 °С. Это обусловлено, с одной стороны, относительной распространенностью и доступностью таких пластов, небольшой глубиной их залегания, а, следовательно, и стоимостью добычи, с другой стороны — повышение эффективности ИСЭ возможно только при сочетании в системе низкопотенциальных источников энергии, использование которых напрямую имеет много ограничений, и высокопотенциальных, компенси-

рующих эти ограничения [3].

Особенностью представленной на рис.1 схемы ИСЭ является подача геотермальной воды параллельно на отопление и горячее водоснабжение с ее пиковым догревом сетевой водой КУ в соответствующих бойлерах.

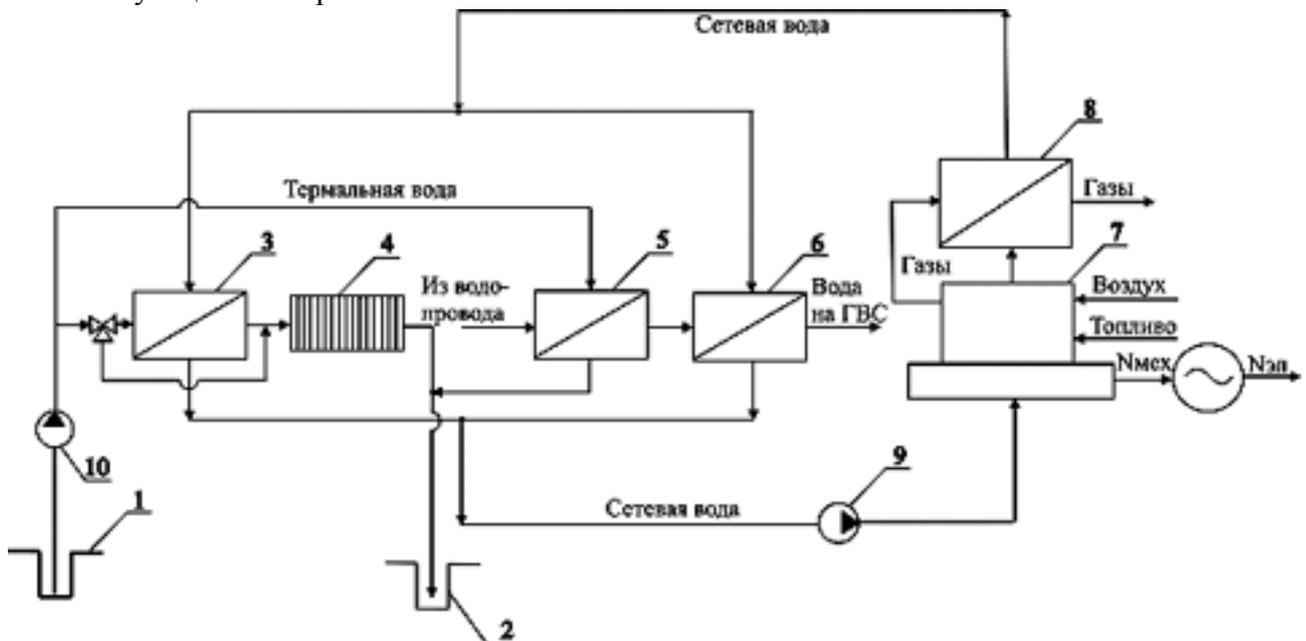


Рис. 1. Тепловая схема интегрированной системы энергоснабжения с геотермальным источником тепла: 1 – скважина-источник; 2 – скважина-утилизатор; 3 – пиковый бойлер отопления; 4 – система отопления; 5 – бойлер ГВП; 6 - пиковый бойлер ГВП; 7 - когенерационная установка; 8 – котел-утилизатор; 9 – сетевой насос; 10 – насос подачи геотермальной воды.

Задача оптимизации режимов нагрузки рассматриваемой системы, в общем случае, включает оптимизацию режимов:

- электрической нагрузки системы;
- тепловой нагрузки системы;
- нагрузки геотермального источника тепла.

В качестве критерия оптимизации режимов нагрузки ИСЭ выбраны суммарные эксплуатационные затраты на производство необходимых видов энергетической продукции, приведенные к определенному интервалу времени (часу, суткам), которые включают:

- затраты на производство каждого вида энергетической продукции в системе;
- прибыль от возможной продажи избыточной энергетической продукции стороннему потребителю;
- затраты на получение тепла в системе от дополнительного (геотермального) источника.

Выражение для целевой функции задачи оптимизации суточного режима нагрузки ИСЭ записывается в виде:

$$\sum_{i=0}^{23} 3_i = \sum_{i=0}^{23} (N_i^{ген} \cdot C_i^{эл} - \Delta N_i^{прд} \cdot C_{прд}^{эл} + Q_i^{утил} \cdot C_i^{мен} + Q_i^{дон} \cdot C_i^{дон}), \quad (1)$$

где: i – время суток, ч; $N_i^{ген}$ – среднечасовая электрическая мощность, генерируемая когенерационной установкой, определяемая, как сумма электрической мощности потребителя и электрической мощности, которая требуется для подъема геотермальной воды с соответствующей глубины: $N_i^{ген} = N_i^{номп} + N_i^{нод}$, кВт; $\Delta N_i^{прд}$ – среднечасовой избыток электрической мощности, продаваемый в энергосистему, кВт; $C_i^{эл}$ – среднечасовая себестоимость электроэнергии, генерируемой когенерационной установкой, грн/кВтч; $C_{прд}^{эл}$ – соответственно тариф на прода-

ваемую в сеть электроэнергию, грн/кВтч; $Q_i^{утил}$, $Q_i^{дон}$ – соответственно среднечасовая тепловая мощность, утилизируемая от когенерационной установки, и мощность геотермального источника тепла, кВт;

$C_i^{мен}$, $C_i^{дон}$ – соответственно среднечасовые себестоимости утилизируемой тепловой мощности когенерационной установки и геотермального источника тепла, грн/кВтч.

Результатом оптимизации является суточные графики тепловых и электрических нагрузок системы энергоснабжения, обеспечивающие минимум указанных затрат.

Учитывая характер зависимостей между переменными, задача оптимизации классифицируется как задача нелинейного программирования и в общем виде может быть записана [5]:

$$\sum_{i=0}^{23} Z_i(N_i^{ген}, Q_i^{утил}, Q_i^{дон}) \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_0 = f(N_0^{ген}, Q_0^{утил}, Q_0^{дон}) \\ \dots \\ Z_{23} = f(N_{23}^{ген}, Q_{23}^{утил}, Q_{23}^{дон}) \end{array} \right. , \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{i \min} \leq N_i^{ген} \leq N_{i \max} \\ Q_{i \min}^{утил} \leq Q_i^{утил} \leq Q_{i \max}^{утил} \\ Q_{i \min}^{дон} \leq Q_i^{дон} \leq Q_{i \max}^{дон} \\ i = 0, 23 \end{array} \right.$$

где: первая составляющая — целевая функция, вторая — система ограничений (почасовых), третья — система граничных условий.

Режим эксплуатации ИСЭ по электрическому графику нагрузки соответствует автономной работе когенерационной установки относительно энергосистемы, при котором выполняется условие равенства мгновенных значений генерируемой и потребляемых электрических

мощностей: $N_i^{ген} = N_i^{нотр} + N_i^{под}$

В связи с чем, выражение (1) упростится к виду:

$$\sum_{i=0}^{23} Z_i = \sum_{i=0}^{23} (N_i^{ген} \cdot C_i^{ел} + Q_i^{утил} \cdot C_i^{мен} + Q_i^{дон} \cdot C_i^{дон}) \quad (3)$$

Причем, величина $N_i^{ген}$ определяется как графиком электрической нагрузки потребителя, так и графиком его тепловой нагрузки, т.к. электрическая мощность, расходуемая на подъем геотермальной воды, прямо пропорциональна доле используемого геотермального тепла.

Так как для ИСЭ потребляемая тепловая мощность определяется из условия:

$$Q_i^{нотр} = Q_i^{утил} + Q_i^{дон} \pm Q_i^{акум}, \quad (4)$$

где $Q_i^{акум}$ – среднечасовая аккумулируемая тепловая мощность, кВт,

то при решении задачи оптимизации режима нагрузки переменными являются именно эти три составляющие, функциональная зависимость между которыми определяется конфигурацией ИСЭ.

Результатом оптимизации для ИСЭ соответствующей конфигурации являются суточные графики утилизированного тепла $Q_i^{утил}$, тепла от геотермального источника $Q_i^{дон}$, динами-

ка аккумуляции тепла $Q_i^{акум}$, суточные графики электрической мощности потребителя $N_i^{номр}$ и мощности $N_i^{нод}$, которая требуется для подъема геотермальной воды, обеспечиваю-

щие минимум затрат $\sum_{i=0}^{23} Z_i$ (рис. 2).

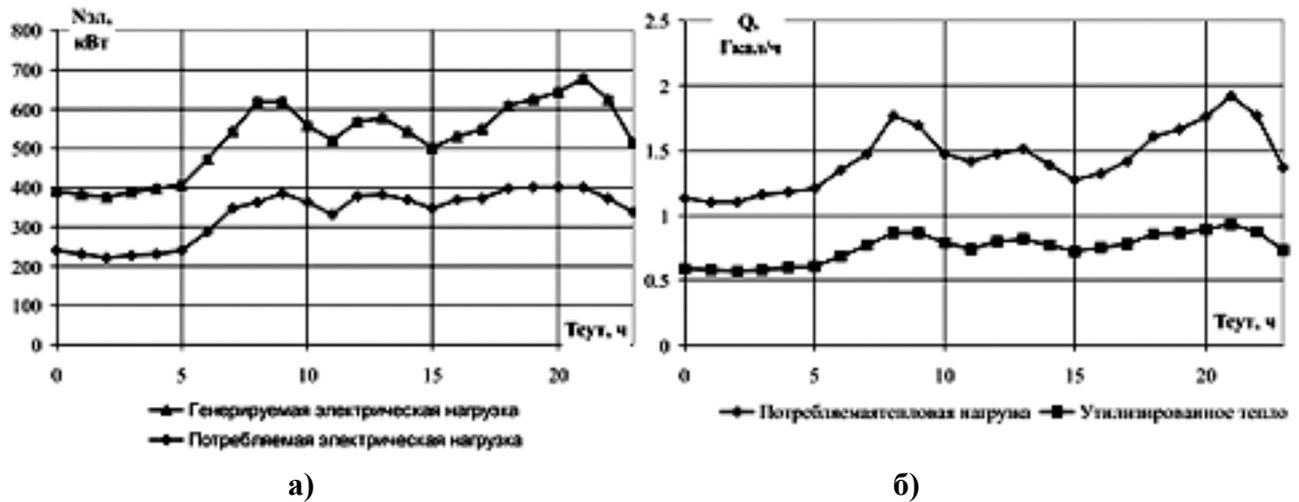


Рис. 2. Суточные графики нагрузок ИСЭ при работе по электрическому графику нагрузок: а – электрический график нагрузок; б - тепловой график нагрузок.

Как видно на рис. 2, при значительной доле геотермального тепла (до 50 %) в тепловом балансе потребителя (рис.2, б), электрическая мощность, расходуемая на подъем геотермальной воды, соизмерима с электрической мощностью потребителя (рис. 2, а).

Работа ИСЭ по тепловому графику нагрузки соответствует режиму эксплуатации когенерационной установки при ее синхронизации с энергосистемой. При этом выполняется условие равенства тепловой нагрузки потребителя количеству утилизированного тепла от КУ и дополнительного тепла, полученного от геотермального источника:

$$Q_i^{номр} = Q_i^{ym} + Q_i^{дон} \quad (5)$$

Небаланс между генерируемой электрической мощностью, мощностью потребителя и мощностью, которая требуется для подъема термальной воды $\Delta N_i = N_i^{ген} - (N_i^{номр} + N_i^{нод})$ компенсируется продажей избыточной электрической мощности в систему.

Выражение для целевой функции при работе ИСЭ по тепловому графику нагрузки соответствует уравнению (1).

Результатом оптимизации являются суточные графики электрической нагрузки когенерационной установки $N_i^{ген}$, графики продажи и покупки электроэнергии из энергосистемы $\pm \Delta N_i$, утилизированного тепла $Q_i^{ymил}$, тепла от дополнительного источника $Q_i^{дон}$ и дина-

мика аккумуляции тепла $Q_i^{акум}$, обеспечивающие минимум затрат $\sum_{i=0}^{23} Z_i$ (рис.3).

Анализ приведенных графиков показывает, что синхронизация генератора КУ с энергосистемой позволяет эксплуатировать установку практически в базовом режиме при электрической нагрузке, близкой к номинальной. Это, в свою очередь, ведет к соответствующему увеличению доли утилизированного тепла в тепловом балансе потребителя и снижению доли геотермального тепла.

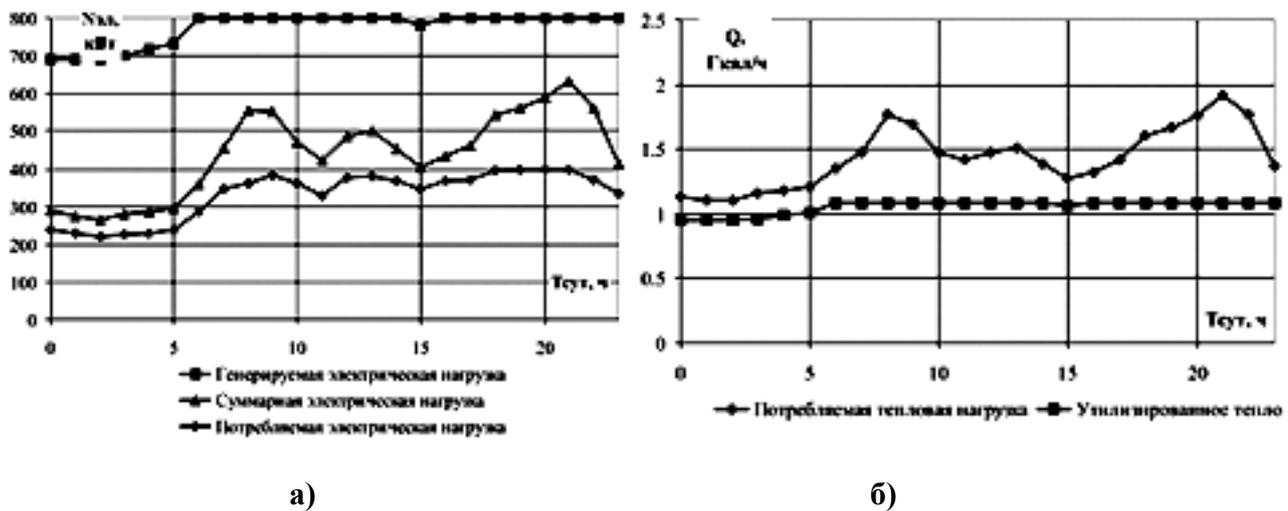


Рис. 3. Суточные графики нагрузок ИСЭ при работе по тепловому графику нагрузок: а – электрический график нагрузок; б - тепловой график нагрузок

Исходные данные, используемые для численного моделирования ИСЭ с геотермальным источником тепла:

- номинальная электрическая мощность двигатель-генератора КУ – $N_{\text{ном}} = 800$ кВт;
- максимальная электрическая нагрузка потребителя $N_{\text{max}} = 400$ кВт;
- низшая теплота сгорания газа – $Q_p^H = 32$ МДж/м³;
- коэффициент избытка воздуха на двигатель КУ – $\alpha = 1,7$;
- температура геотермальной воды на входе системы: $t_{\text{вх}} = 60$ °С ;
- температура сбросной геотермальной воды на выходе системы: $t_c = 40$ °С ;
- температура геотермальной воды на отопление после догрева в пиковом бойлере: $t_{\text{ТГ}}^{\text{om}} = 80$ °С ;
- среднегодовая температура водопроводной воды: $t_{\text{вод}} = 15$ °С ;
- температура воды на ГВС: $t_{\text{ТГ}}^{\text{ГВС}} = 55$ °С .

На рис. 4 представлены результаты оптимизации режимов работы ИСЭ, которые свидетельствуют, что согласование суточных графиков нагрузок при автономной работе системы (электрический график нагрузок) возможно в достаточно узком диапазоне соотношений $Q_{\text{мен}} : N_{\text{эл}}$ – от 2,0:1,0 до 4,0:1,0. При этом коэффициент заполнения графика тепловой нагрузки потребителя $K_{\text{зан}}$ был принят равным 0,75 (полупиковый режим). При синхронизации КУ с энергосистемой (тепловой график нагрузок) допустимые пределы соотношений тепловых и электрических нагрузок $Q_{\text{мен}} : N_{\text{эл}}$ значительно расширяются (примерно до 10,0:1,0 - 4,0:1,0), что становится возможным за счет продажи значительной доли генерируемой электроэнергии в энергосистему и соответствующего увеличения доли утилизируемого тепла КУ в тепловом балансе системы.

Наличие в системе геотермального источника тепла обеспечивает расширение диапазона соотношений $Q_{\text{мен}} : N_{\text{эл}}$ в 1,5 – 5 раз за счет замещения потребляемого тепла в системе геотермальным теплом (коэффициент замещения $K_{\text{зам}}$ изменяется в пределах 0,05 – 0,5).

Поскольку работа ИСЭ по тепловому графику нагрузок предусматривает продажу значительной части генерируемой электроэнергии в систему (рис. 5), то ее экономическая эффективность во многом определяется тарифом на продаваемую электроэнергию, который рассматриваемом примере принят на уровне $C_{\text{прод}}^{\text{эл}} = 0,28$ грн/кВтч.

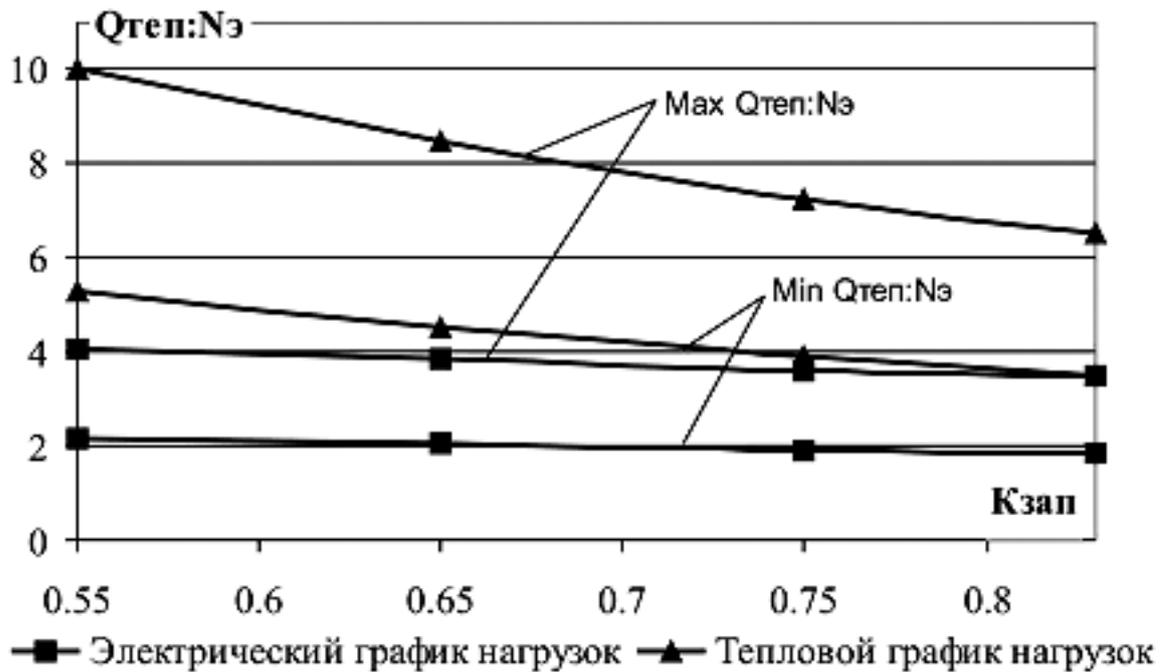


Рис 4. Допустимые пределы изменения соотношений тепловых и электрических нагрузок в зависимости от коэффициента заполнения графика электрической нагрузки потребителя

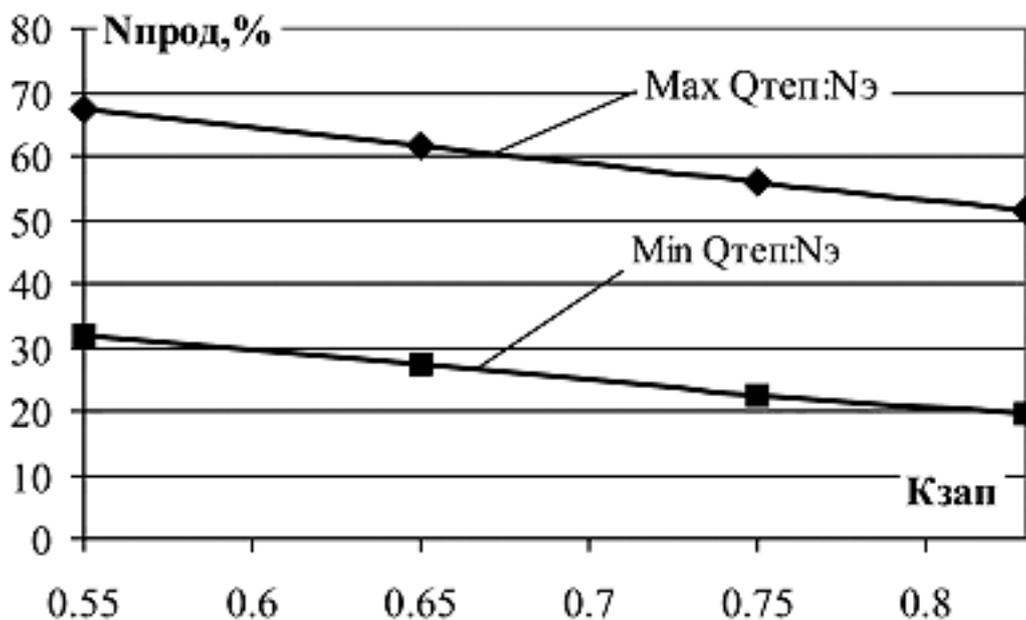


Рис. 5. Доля продаваемой в сеть электроэнергии при работе ИСЭ по тепловому графику нагрузок

Как видно из рис. 5, доля продаваемой в сеть электроэнергии уменьшается при переходе к базовому режиму нагрузки КУ, что объясняется увеличением доли электроэнергии, потребляемой в ИСЭ.

Экономическая эффективность оптимизации режимов ИСЭ оценивалась по относительному значению целевой функции, определяемому выражением:

$$ЦФ_{отн} = \frac{ЦФ_{опт}}{\sum C_{pg}}, \quad (6)$$

где: Φ_{opt} – оптимальное значение целевой функции, грн/сут;

$\sum C_{pe}$ – суммарные затраты на производство соответствующих видов энергетической продукции в системе при раздельной генерации, грн/сут.

Результаты оценки экономической эффективности оптимизации суточных графиков нагрузки ИСЭ (рис. 6) свидетельствуют, что в целом суммарные суточные затраты на производство соответствующих видов энергетической продукции в системе составляют 26-61 % от затрат на производство таких же видов продукции при раздельной генерации.

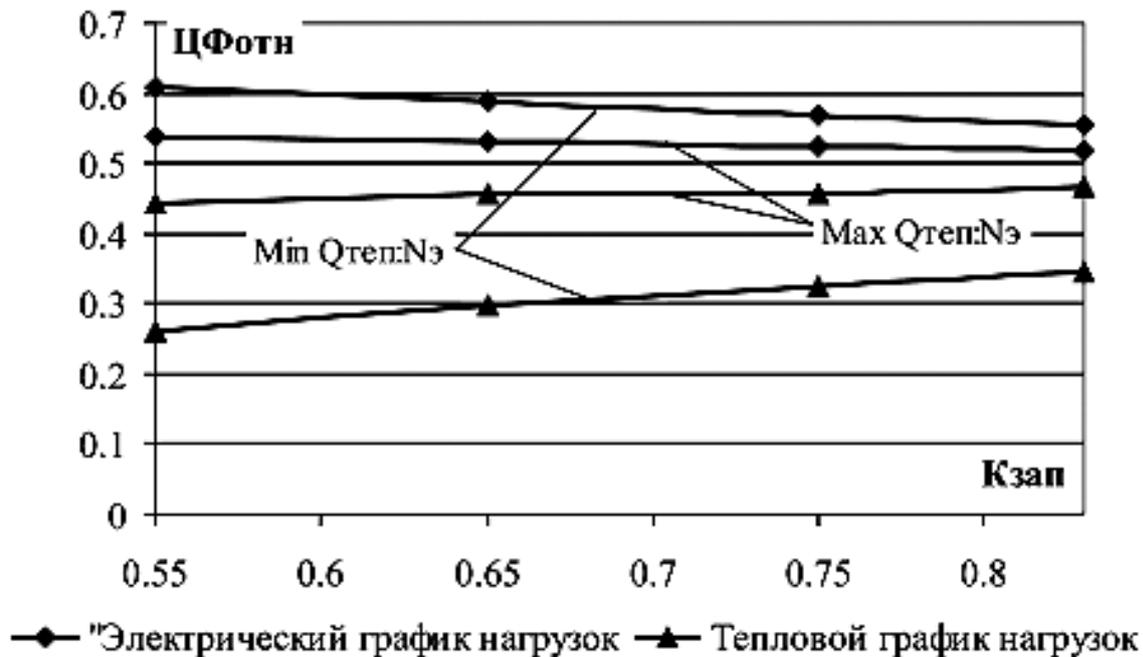


Рис. 6. Оценка экономической эффективности оптимизации суточных графиков нагрузки ИСЭ с геотермальным источником тепла в зависимости от режима нагрузки КУ

При максимально возможном соотношении $Q_{теп} : N_{эл}$ экономическая эффективность системы выше при работе ИСЭ по тепловому графику нагрузок вследствие возможности продажи части генерируемой электроэнергии в энергосистему и значительной доле геотермального тепла в тепловом балансе ИСЭ. При росте коэффициента заполнения графика электрической нагрузки потребителя $K_{зап}$ от 0,55 до 0,83 экономическая эффективность оптимизации режимов нагрузки повышается при работе ИСЭ по электрическому графику и, наоборот, – снижается при работе по тепловому графику, т.к. при этом снижается доля электроэнергии, продаваемой в энергосистему. Эта разница более значительна при низких значениях $K_{зап}$ (пиковый режим).

ВЫВОДЫ

Предложена методика согласования графиков электрической и тепловой нагрузки интегрированной системы энергоснабжения на базе когенерационной установки и геотермального источника тепла. Подъем геотермальной воды с большой глубины требует значительного расхода электроэнергии, что для рассматриваемой системы энергоснабжения не является существенным ограничением, т.к. приводит к увеличению коэффициента использования установленной мощности установки, росту доли утилизированного тепла и расширению диапазона соотношений тепловых и электрических нагрузок.

В результате решения задачи согласования и оптимизации суточных графиков электрической и тепловой нагрузок, обеспечивающих минимальные эксплуатационные затраты на производство всех видов энергетической продукции в системе, определены допустимые пределы соотношений тепловых и электрических нагрузок в зависимости от коэффициента заполнения графика электрической и тепловой нагрузок потребителя.

Выполнена сравнительная экономическая оценка предложенной системы энергоснабжения и системы с отдельной генерацией, определены параметры, влияющие на экономическую эффективность режимов нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баласанян Г.А., Мазуренко А.С. Согласование графиков тепловой и электрической нагрузок для систем когенерации малой мощности // Пром. Теплотехника. — 2005. — № 3. — С. 32-39.
2. Яна Магда. Геотермальные ресурсы: возможности использования в Украине // Энергетическая политика Украины. — 2004. — № 4. — С. 23-30.
3. Баласанян Г.А. Интегрированная система энергоснабжения с геотермальным источником тепла // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2006. — Вып. 2(24). — С. 35 - 40.
4. Баласанян Г.А. Оптимизация режимов нагрузок интегрированной системы энергоснабжения на базе когенерационной установки малой мощности и геотермального источника тепла // Холодильна техніка і технологія. — Одесса, 2007. — Вып. 1. — С. 67-71.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций. — М.: Советское радио, 1972. — 551 с.

Бойчук С.Д., інж, Мякішев В.О., к.т.н., доц.

Національна академія природоохоронного і курортного будівництва м. Сімферополь

Якимчук Б.Н., к.т.н., доц., Гіроль А.М., ст. 3-го курсу ФВГ.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Новий спосіб оброблення та раціонального використання забруднених стічних водопровідних станцій

Наведено результати досліджень процесу відстоювання води в статичних та динамічних умовах, показані узагальнені математичні вирази для опису досліджуваного процесу. описано процес утилізації осаду водопровідних станцій.

На даний час надзвичайно важливого, планетарного масштабу набули проблеми очистки стічних вод і утилізації відходів виробництва загалом та, зокрема, очистки промивних вод і утилізації осадів водопровідних станцій.

Україна є однією з найбідніших країн Європи за запасами водних ресурсів на 1-го громадянина держави (q). В Україні річна величина цього показника становить 1080 м^3 [5], що в декілька разів менше від аналогічних показників таких держав Європи як Німеччина ($q=2500 \text{ м}^3$ /на громадянина за рік), Франція ($q=3500 \text{ м}^3$ /на громадянина за рік), Великобританія ($q=5000 \text{ м}^3$ /на громадянина за рік) [2]. До того ж навіть незначні запаси водних ресурсів вкрай нерівномірно розподілені по території держави. Так, в Закарпатській області $q = 6,3 \text{ м}^3$ /на громадянина за рік), а в Херсонській його значення перебуває в межах $q = 0,12 \text{ м}^3$ /на громадянина за рік) [5].

Щороку на водопровідних станціях держави накопичується близько 8 млн.т надзвичайно забруднених стоків, що містять в собі велику кількість іонів важких металів, забруднень органічного та мінерального походження. В таких водах містяться діоксини, радіонукліди, хвороботворні мікроорганізми тощо.

В якості накопичувачів технологічних стоків водопровідних станцій використовують мулові майданчики [3], через донну поверхню яких зазначені види забруднень значною мірою інфільтруються в ґрунтові води, а потім потрапляють і в підземні водоносні горизонти, запаси яких є джерелом постачання води переважно для усіх водоканалів західної та північної частини України. Значною мірою з цих горизонтів живляться водозабори і інших регіонів держави.

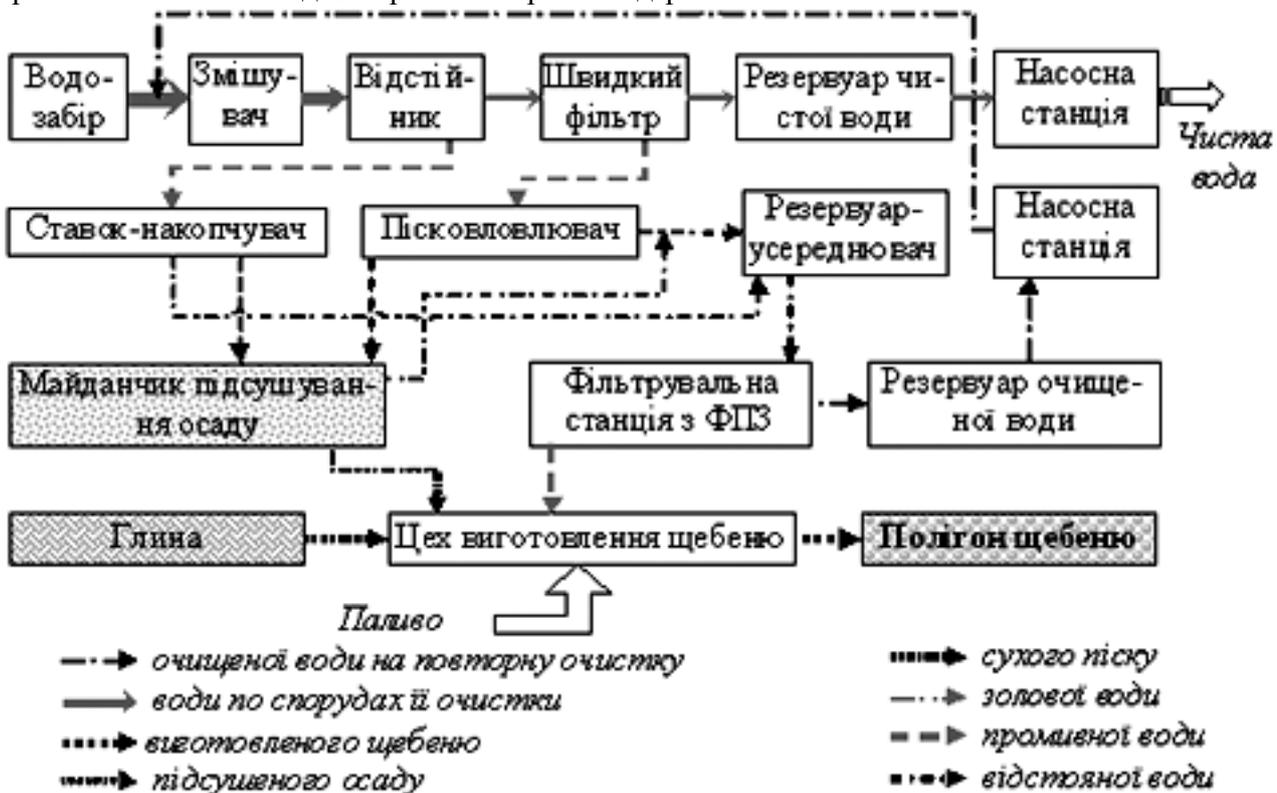


Рис.1. Схема очистки технологічних стоків та утилізації осаду станції очистки питної води

Майже 60% населення України постачається водою басейну р. Дніпро, фізико-хімічний бактеріологічний стан води якої є незадовільним. Забруднення, затримані на очисних спорудах під час підготовки води до питних цілей, повертаються в більш концентрованому вигляді з додатковими обсягами реагентів назад в відкриті водойми, частково потрапляючи в підземні водоносні горизонти, це відбувається в більшості випадків через згадані мулові майданчики, або через споруди очистки технологічних вод, які переважно не працюють [1,3,4].

За надзвичайно малої кількості води в державі гостро постає питання про її раціональне використання. В той же час з технологічними стоками водопровідних станцій скидається в водні об'єкти до 10% води, яка забирається водозаборами, що негативно відбивається не тільки на екологічних показниках водотоків але і сприяє зростанню собівартості води та тарифів на послуги водоканалів, спричиняючи зростання соціальної напруги серед населення.

Скороченню нераціонального використання води сприятиме очистка технологічних стоків водопровідних станцій на фільтрах з плаваючим фільтруючим шаром. Особливістю застосування таких фільтрів є наявність в їхній конструкції підфільтрового простору, в якому подібно до очистки води в прояснювачах з завислим шаром, технологічні стоки проходять попереднє очищення (рис.2). Попередньо очищена в підфільтровому просторі вода фільтрується через товщу фільтруючого шару. Профільтровану воду повертають в змішувач очисної станції, а промивну з високим вмістом домішок воду (вода після промивки таких фільтрів) можна використовувати для замісів глини при формуванні розчину для виготовлення щебеню чи цегли.

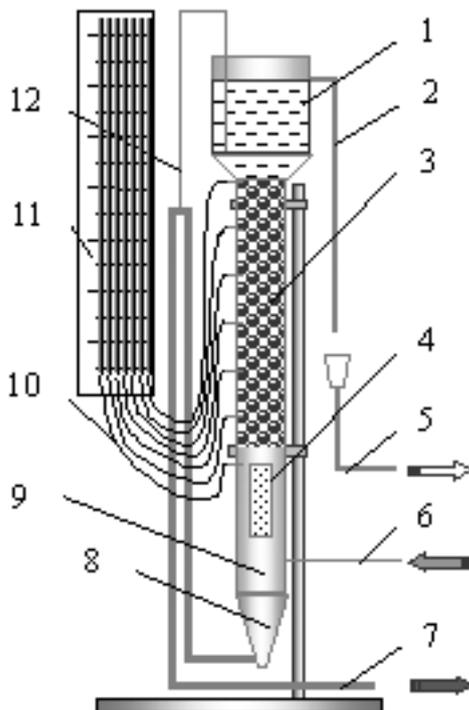


Рис.2.Схема експериментального фільтра з плаваючим фільтруючим шаром

1 – надфільтровий простір фільтра; 2, 5 – трубопровід відводу профільтрованої води; 3 - засипка зі спінених гранул полістиролу; 4 – оглядове вікно; 6 – трубопровід подачі на фільтр вихідної води; 7 – сифон відводу з фільтра промивної води; 8 – накопичувач осаду; 9 – підфільтровий простір фільтра, 10 – гнучкі трубки; 11 – щит п'єзометрів; 12 – трубка.

часу, кг/м^3 ; d – доза реагенту, кг/м^3 , t – час відбору проб від початку відстоювання, хв; k , m – параметри, що характеризують швидкість протікання процесу в воді необробленій і в обробленій реагентами, хв^{-1} ; α , β , λ , n – безрозмірні емпіричні константи.

На сьогодні практично ніде в державі не вирішується питання утилізації технологічних стоків водопровідних станцій та накопиченого на мулових майданчиках протягом багатьох десятиліть осаду (рис. 3) [1].

Між тим в світі приділяється значна увага вирішенню проблеми раціонального використання природних ресурсів та утилізації відходів (включно з осадами стічних вод) [6].



Рис. 3. Фотографія висушеного осаду водоочисної станції

Процес очистки води в статичних умовах підфільтрового простору фільтра описується рівнянням експоненти [6]. Згадане рівняння має наступний вигляд:

$$C = C_o \cdot \exp \left[- \left(\frac{C_o}{\rho} \right)^\alpha \cdot (k \cdot t)^\beta - (m \cdot t)^n \cdot \left(\frac{d}{C_o} \right)^\lambda \right]$$

де: r – питома вага домішок, кг/м^3 ; C_o , C – концентрація домішок в вихідній промивній воді і в воді проб, відібраних в певні проміжки

В результаті обробки експериментальних досліджень вдалося визначити значення емпіричних констант [7...9], величини яких для різних найменувань реагентів приведено в таблиці:

Таблиця .

Значення емпіричних констант для виразу (1)

Найменування реагентів	Значення емпіричних констант					
	α	k, c^{-1}	β	m, c^{-1}	n	λ
Хлорне залізо	0,4	19,5	0,58	1,08	0,25	0,400
Сірчаноокислий алюміній				0,25	0,25	0,400
Polvak				30,5	0,25	0,025
Magnafloc				0,27	0,25	0,470

З метою визначення питомих витрат реагентів (d/C_o) на зняття одиниці маси завислих часток в підфільтровому просторі фільтра, використовуючи вираз (1) нами проведено числовий експеримент при $C_o=200$ мг/л і $t=20$ хв. На основі проведених досліджень побудовані графіки представлені на рисунку 4.

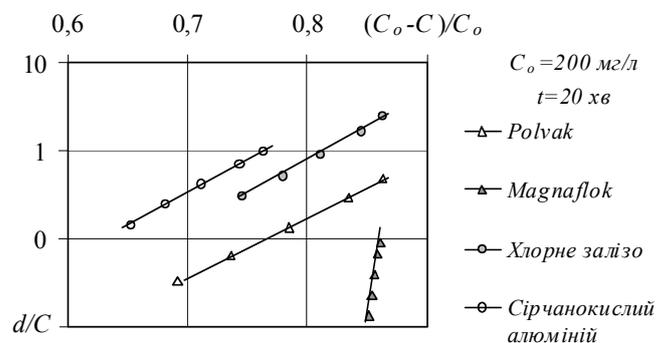


Рис. 4. Графіки залежності питомих витрат реагентів від величини відносної зміни концентрації домішок

З рисунка (4) видно, що чим більша глибина прояснення води, тим більше потрібно витратити реагент на одиницю маси затриманих домішок. Для досягнення глибокого прояснення води ($C/C_o > 0$) найбільше значення параметра d/C характерне для коагулянту – хлорне залізо, і сірчаноокислий алюміній, а найменше – реагенту «Magnafloc» і «Polvak». Однак кінцевий вибір того чи іншого реагенту повинен базуватися на підставі відповідних техніко-економічних розрахунків і з врахуванням умов роботи зернистого фільтра.

Проте в підфільтровому просторі при роботі фільтра в режимі фільтрування вода постійно рухається знизу вгору, що позначається на якості її прояснення. Зі збільшенням швидкості руху води якість її прояснення знижується.

Виходячи з результатів експериментальних досліджень, представлених на рисунку 5а, а також приймаючи до уваги умови роботи прояснювачів з завислим шаром осаду взаємозв'язок між C/C_o і іншими параметрами, що впливають на цей процес можна записати [6]:

$$\frac{C}{C_o} = \exp(-bx C_k / v) = \exp(-\alpha x / v) \quad (2)$$

де: C_o, C – концентрація завислих речовин в воді перед та після прояснювача, мг/л; C_k – концентрація частинок в шарі завислого осаду при усталеному режимі роботи прояснювача (C_k – для умов проведення досліджень величина постійна); β – параметр, що характеризує інтенсивність прилипання і залежить від фізико-хімічних властивостей води і домішок; α – параметр, що характеризує стан шару завислого осаду, і фізико-хімічні властивості води і завислих речовин; x – товщина шару завислого осаду, м; v – швидкість руху висхідного потоку прояснюваної води, м/с.

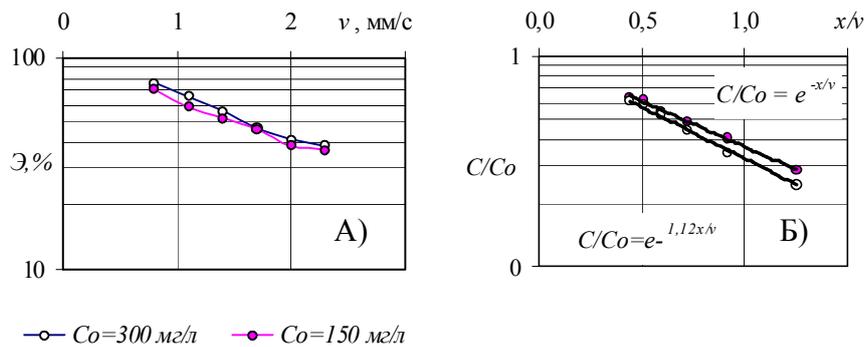


Рис.5. Графіки залежності \mathcal{E} від v (А) і C/C_o от x/v (Б).

Невідомі значення параметра b можна визначити розрахунковим шляхом, використовуючи данні експериментальних досліджень (рис.5а) процесу прояснення води в підфільтровому просторі. Графіки залежності C/C_o від x/v можуть бути описані рівнянням експоненти (рис.5б). Значення показника ступеня згаданих графіків змінюється дуже незначно ($b=1 \div 1,12$). З врахуванням цього зауваження рівняння (2), що описує процес прояснення води в підфільтровому просторі може бути записано:

$$\frac{C}{C_o} = \exp[-(1,00 \dots 1,13)x/v] \quad (3)$$

Отримана залежність дозволяє прогнозувати процес прояснення промивної води в підфільтровому просторі для умов, проведених досліджень.

Результати перевірки отриманої емпіричної залежності (3), проведений за відомою методикою статистичної обробки результатів експериментів підтвердили її адекватність.

В технологічних стоках водопровідних станцій міститься близько $C_o=200$ мг/л завислих речовин. В підфільтровому просторі фільтра при швидкості руху води $v=5$ м/год ефективність її очистки складає $40 \div 50\%$. Частково прояснена вода з величиною параметра $C_o=80-100$ мг/л фільтрується через товщу фільтруючого шару. Ефективність очистки води в товщі фільтруючого шару сягає $80 \div 90\%$, тобто вміст завислих речовин в воді, що повертається в технологічний процес підготовки питної води не перевищує 20 мг/л. Поряд з завислими речовинами спостерігається вилучення і інших видів забруднень.

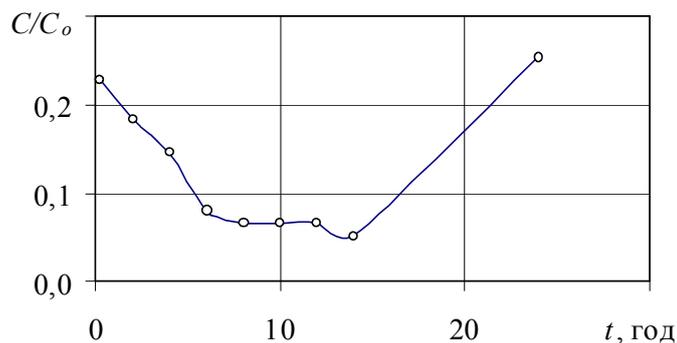


Рис.6. Графіки зміни відносної концентрації завислих речовин в воді протягом фільтроциклу по висоті фільтруючого шару

Зі збільшенням величини параметра v ефективність очистки води погіршується. З метою підтримання на необхідному рівні якості очистки потрібно змінювати або розміри гранул фільтруючого шару, або його товщину, або дозу, вид реагенту тощо.

З часом фільтруючий шар фільтра замулюється і його промивають. Промивна вода використовується для приготування суміші, що використовується для виготовлення керамічного щебеню чи цегли.

Фізико-хімічні властивості осаду промивних вод водоочисної станції залежать від умов її очищення, виду і дози застосовуваного реагенту, пори року, геологічних структур ложа водойми, технологічних параметрів промивки фільтрів.

В промивних водах водоочисної станції міститься 3,8...11,4% Al_2O_3 , і 21...33% SiO_2 . Втрати під час випалювання такого осаду сягають 69...79%, що свідчить про вміст в промивній воді значної кількості домішок органічного походження і зв'язаної води.

Після висушування при кімнатній температурі протягом 5 діб вологість осаду досягає 39,3%. Наступне 2-х денне висушування осаду при 110°C дозволяє знизити його вологість до 17,2%. Заміри розмірів дослідних взірців показали, що осад при цьому піддається сушильним усадочним деформаціям. Під час сушки відбувається зменшення розмірів взірців щебеню на 2-6%.

Втрати під час випалювання при 900°C, попередньо висушеного осаду, складають 32,3%, що свідчить про те, що 15,1% осаду за сухою речовиною складається з вуглеводних, випалюваних і випаровуваних речовин. За результатами аналізу дослідних взірців осад водоочисної станції має наступний склад: кварц – 17...29%; гідрослюда – 18...22%; монтморилоніт – 19...24%; гіпс – 11...15%; хлорит – 4,5...6%; кальцит – 2,2...3,6%, а також колоїдні, дрібнозернисті, органічні речовини – 21-28%.

З метою вирішення проблеми утилізації осаду було відібрано його проби з мулового майданчика. Проби осаду змішували в різних пропорціях з керамічною глиною, після чого формували кульки діаметром 3 см і проводили їх термічну обробку в муфельній шафі за різних температур (рис. 6).

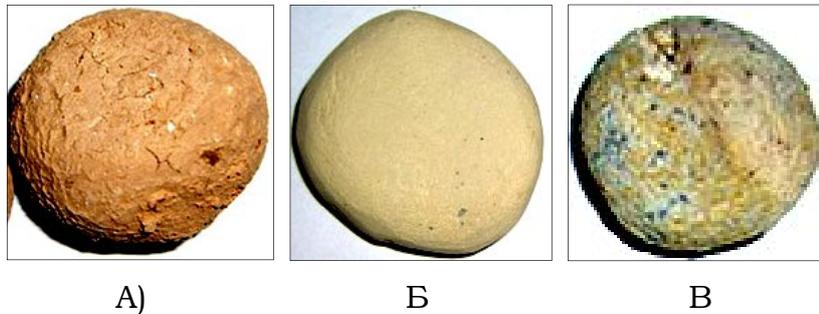


Рис. 7. Фотографія зразків керамічного гравію з осаду промивних вод водопровідної станції (А - випал при 600°C; Б - випал при 900°C; В - випал при 1120°C)

Випробування керамічного гравію виготовленого з осаду технологічних стоків проведено відповідно до методики визначення міцності керамзиту показало, що гравій після випалу при температурі 1100°C не зруйнувався при питомому навантаженні стиску рівному 33 кг/см². Керамічний гравій після випалу при температурі 600°C мав границю міцності на стиск значно нижчу – 4...7 кг/см².

Результати фізико-хімічних та радіологічних досліджень свідчать про відповідність створених матеріалів екологічним стандартам та доцільність їх застосування в будівництві.

ВИСНОВКИ:

1. Наразі в Україні постала проблема гострої необхідності раціоналізації процесу очистки стічних вод та утилізації виробничих відходів очисних станцій.
2. Впровадження застосування фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром в процесі очистки промивної води дозволить інтенсифікувати роботу існуючих технічних рішень, суттєво зменшити скид забруднених промивних вод в водойми.
3. Визначення раціональних видів та доз реагентів, величини швидкості руху потоку прояснюваної води, часу протікання процесу очистки дозволяє суттєво збільшити ефективність очистки та позитивно вплинути на її техніко-економічні параметри.
4. З метою вирішення гострої екологічної проблеми утилізації осаду на очисних станціях доцільним є виготовлення з нього будівельних матеріалів.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гироль Н.Н., Бойчук С.Д., Мякишев В.А., Копачевский А.М., Котовская Е.Е. Экономичные технологии обезвреживания производственных отходов городских водоочистных станций. //Сб трудов НАПКС № 11. Симферополь, 2005. – 187 с.
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2003 році. Наук. керівник Гіроль М.М.. Рівне. – 2005. – 143 с.
3. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат 1985. – 131 с.
4. Шевченко Л.Я. Обработка и утилизация осадков горизонтальных отстойников водопроводной станции ПУВХ «Днепр»/ /Вісник інженерної академії України, вып. 3-4, -К.: 1999.-51-54 с.
5. Яцик А.В. Водогосподарська екологія. (4-ри томи в 7-ми книгах). – К.: Видавництво «Генеза», 2003., т.3 – 494 с.
6. Kowal A.L., Swiderska-Broz M. Oczyszczanie wody. – Wyd. 4. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa-Wroclaw, 2000, 614 str.
7. Гироль М.М., Бойчук С.Д., Мякишев В.А. Дослідження процесу відстоювання в статичних умовах технологічних стоків водоочисних фільтрів сімферопольської фільтрувальної станції «Петровські скелі», оброблених реагентом «Полвак». Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Зб. наук.праць. вип..30. Рівне, 2005, 183-190 с.
8. Гіроль М.М., Гіроль А.М., Бойчук С.Д., Мякішев В.О., Ковальський Д. Дослідження процесу відстоювання в статичних умовах технологічних стоків водоочисних фільтрів Сімферопольської фільтрувальної станції «Петровські скелі», оброблених реагентом $FeCl_3$. Строительство и техногенная безопасность. Зб. научн. трудов вып. 12. Симферополь. 2006, 177-182 с.
9. Гироль Н.Н., Гироль А.Н., Бойчук С.Д., Мякишев В.А. Отстаивание в статических условиях промывной воды водоочистных фильтров. Проблемы водопостачання, водовідведення та гідравліки. Науково-технічний зб. Випуск 7. КНУБА, К.: 2006, 10-18 с.

Борисенко К.И., аспирантка

Одесский национальный политехнический университет

Особенности формирования теплового режима зданий современными системами отопления

Рассмотрены особенности формирования теплового режима зданий с помощью различных систем отопления. Выявлено, что в случае применения напольной системы отопления отсутствует равномерное прогревание воздуха по площади помещения, при этом возникает несколько циркулирующих воздушных потоков, которые создают зоны перегрева и охлаждения в помещении.

Система отопления здания, тепловой режим, напольное отопление, комфортность.

Жизнь современного человека не мыслима без определенного уровня комфортности помещений. В то же время рассмотрение каких-либо вопросов отдельно, без комплексного анализа, не может решить проблемы качественного обеспечения комфортных условий, а зачастую вызывает и отрицательный эффект (например, снижение температуры горячей воды в котлах, с одной стороны, уменьшает расход топлива, а, с другой, уменьшает температурный напор в нагревательных приборах, что требует увеличения их площади, то есть повышения капитальных затрат, кроме того, оказывает влияние на работу терморегуляторов системы отопления). Архитектура здания, его расположение, взаимодействие с расположенными рядом другими зданиями и сооружениями (аэродинамическим, тепловым) также оказывают влияние на работу инженерных систем [1].

Современные системы отопления имеют принципиально иной подход к регулированию – это системы с постоянно изменяющимся тепловым режимом в процессе эксплуатации, что соответственно требует оборудования для отслеживания этих изменений и реагирования на них.

В качестве задач, которые должны решаться с помощью систем отопления, можно указать [2,3]:

- система отопления должна возмещать потери тепла помещением через все его тепло-ограждающие конструкции;
- система отопления должна независимо от колебаний наружной температуры поддерживать внутри помещения установленную температуру;
- температура внутреннего воздуха должна быть возможно равномерной как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях (по горизонтали разница температур не должна превышать 2°C , по вертикали – 1°C на 1 метр высоты помещения);
- внутренние поверхности должны иметь температуру, приближающуюся к температуре воздуха в помещении и обеспечивать минимальное время нагрева элементов высокой тепловой аккумуляции;
- система отопления должна обеспечивать достижение максимального использования тепла в течение всего отопительного периода.

Поскольку система отопления призвана обеспечивать тепловой комфорт в помещении, то представляет интерес рассмотрение работы такой системы в условиях динамического изменения параметров (инfiltrации наружного воздуха, работы вытяжных систем вентиляции, наличия перепада температуры между стенками и воздухом помещения), при этом перепад температур изменяется от внутренних стен к наружным. В данной работе была сделана попытка рассмотрения распределения температуры, плотности и давления в отапливаемом помещении при использовании различных систем отопления, а именно: как влияет инfiltrация наружного воздуха, вытяжная вентиляция, температура стен, нагревательных приборов на работу систем отопления и распределение указанных параметров в помещении, при расположении нагревательного прибора под окном, в случае напольной системы отопления и при применении комбинированной системы.

В качестве граничных условий задавали – ограждающие конструкции (внутренние стенки с температурой на 5°C ниже температуры внутреннего воздуха (20°C), внутреннюю поверхность наружной стены – на 8°C), отопительный прибор, температуру поверхности которого принимали равной 50°C , инfiltrацию наружного воздуха учитывали созданием перепада давления в месте расположения оконного проема в 20 Па и задавали температуру наружного воздуха $t=-20^{\circ}\text{C}$ в, температура пола, при использовании его в качестве отопительного прибора принималась равной 27°C , кроме того, во всех случаях учитывали

скорость движения внутреннего воздуха – 0,3 м/с и удаление воздуха из помещения (на стенке создавался перепад давления 10 Па при температуре, равной внутренней). Результаты моделирования представлены на рис.1-4.

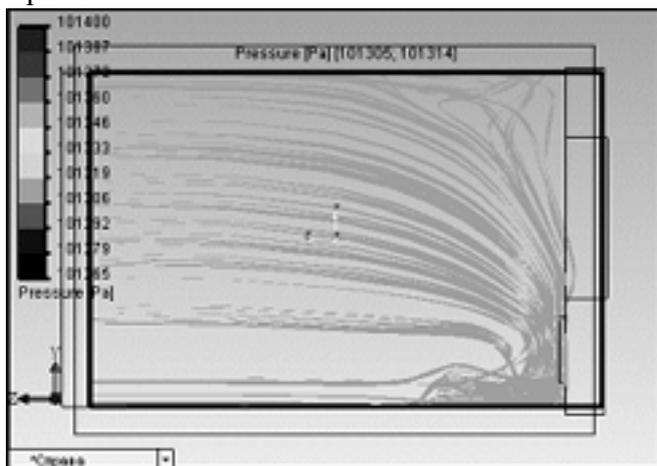


Рис.1. Отопление только от радиатора.

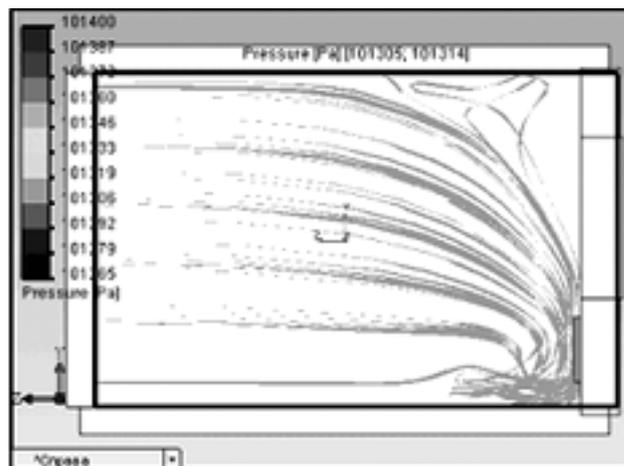


Рис.2. Отопление от радиатора и пола

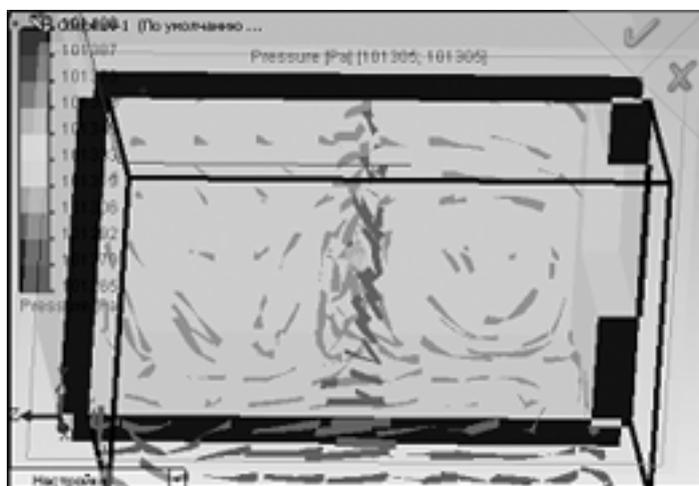


Рис.3. Отопление от пола

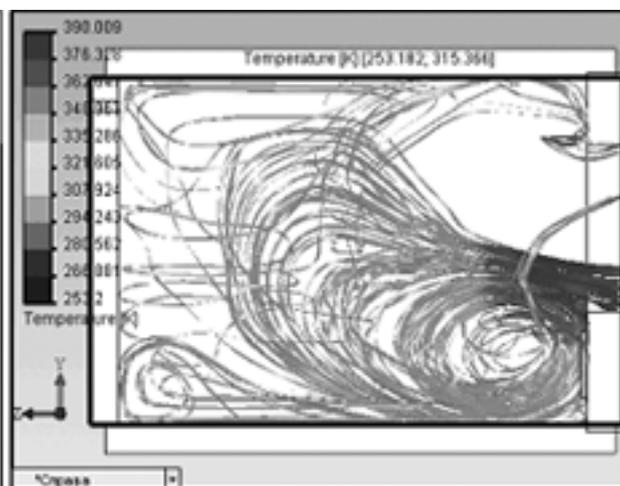


Рис.4. Распределение температуры при совместной работе напольной системы отопления и радиатора

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов позволяет сделать несколько выводов.

1. Влияние радиатора имеет ограниченное значение – на расстоянии 1-1,5 м давление и температура практически равномерно расслоены по объему помещения;
2. В местах, где нет влияния радиатора и присутствует инфильтрация, происходит изменение потока – прижимание его к полу.
3. При совместном отоплении (радиатор возле окна и теплый пол) – основное влияние на конфигурацию распределения температур оказывает радиатор, вследствие более высоких температурных параметров.
4. При использовании системы теплый пол (без радиатора) также отсутствует равномерное прогревание воздуха по площади помещения – это объясняется разной температурой ограждающих конструкций, инфильтрацией и влиянием вентиляции, при этом возникает несколько циркулирующих воздушных потоков, которые создают зоны перегрева и охлаждения в помещении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки.-М.: Стройиздат, 1986. – 157с.
2. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986
3. Tabunshnikov Y. Mathematical models of thermal conditions in buildings, CRC Press, USA 1993.

Боровский Б.И., д.т.н., профессор

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Построение математической модели для температуры продуктов сгорания природного газа на выходе топки отопительно-варочной печи с использованием теории размерностей и корреляционно-регрессионного анализа

На основании обобщения экспериментальных данных с помощью теории размерностей и корреляционно-регрессионного анализа получена математическая модель для определения температуры продуктов сгорания природного газа на выходе из топки.

Теория размерностей, корреляционно-регрессионный анализ, отопительно-варочная печь, топка, математическая модель.

Температура продуктов сгорания на выходе топки определяет теплоту, передаваемую через наружную поверхность дымохода в обогреваемое помещение. Если эта температура известна, то с помощью уточнённой математической модели [1] можно рассчитать температуру наружной поверхности дымохода.

В экспериментах [2] при определении температуры продуктов сгорания природного газа на выходе топки t изменяли коэффициент избытка воздуха α , продолжительность топки τ и тепловую напряжённость

$$\beta = \frac{Q^* q}{V}, \quad (1)$$

где: Q – расход газа, м³/ч; q – низшая объёмная теплота сгорания газа, МДж/м³; V – объём топочного пространства, м³.

Таким образом, при экспериментах переменными были четыре параметра: t, α, τ, β . С целью уменьшения количества переменных перейдём к комплексным переменным, используя теорию размерностей. При этом будем иметь в виду, что комплексной переменной уже является величина α .

Перечислим с указанием размерностей исходные параметры, включая параметры, входящие в соотношение (1):

1) тепловые параметры:

- температура продуктов сгорания t , град. ($^{\circ}\text{C}$);
- теплоёмкость продуктов сгорания C , МДж/м³ град;
- низшая объёмная теплота сгорания газа q , МДж/м³;
- расход газа Q , м³/ч;

2) геометрический параметр

- объём топки V , м³;

3) временной параметр

- продолжительность топки τ , ч.

Выберем параметры с независимой размерностью: t , град; q , МДж/м³; V , м³; τ , ч.

Разделим каждый из оставшихся параметров на произведение параметров с независимой размерностью в степенях и получим исходные выражения для комплексных переменных:

$$K_1 = C / t^{\alpha_1} q^{\beta_1} V^{\gamma_1} \tau^{\delta_1}$$

$$K_2 = C / t^{\alpha_2} q^{\beta_2} V^{\gamma_2} \tau^{\delta_2}$$

Значения показателей степени находятся из условия безразмерности комплексных перемен-

ных. Исходя из этого, получим следующие комплексы:

$$K_1 = C t/q; \quad (2)$$

$$K_2 = Q \tau /V. \quad (3)$$

Таким образом, вместо четырёх параметров будем использовать три комплекса.

Искомым комплексом является комплекс K_1 , его определяют два комплекса a и K_2 . Тогда можно записать искомую связь

$$K_1 = f(a, K_2). \quad (4)$$

Связь (4) можно определить с помощью корреляционно-регрессионного анализа. Такой анализ позволяет построить линейную многофакторную модель вида [3]

$$y = a + bx + cz,$$

где: y – искомая функция; x, z – известные факторы, влияющие на y .

Многофакторные нелинейные модели могут иметь следующий вид [3]:

$$y = a + bx^\alpha + cz^\beta; \quad (5)$$

$$y = ax^\alpha + z^\beta \quad (6)$$

В уравнении (5) должны быть известны показатели степени α, β , а уравнение (6) имеет ту особенность, что при $x=0, z=0$ функция принимает нулевое значение. Указанные недостатки отсутствуют в случае использования связи [4]

$$y = b F(x) \Phi(z), \quad (7)$$

где функции $F(x)$ и $\Phi(z)$ могут иметь любой вид, а значение коэффициента b определяется из соотношения

$$b = \Sigma y / \Sigma F(x) \Phi(z). \quad (8)$$

Модель (7) наиболее просто строится при наличии результатов одно- факторного эксперимента, когда в эксперименте изменяется только один фактор при неизменности других факторов. Используем для решения поставленной задачи модель указанного вида (7).

Результаты однофакторного эксперимента для температуры продуктов сгорания на выходе топки приведены в табл. 1 [2].

Таблица 1.

Результаты однофакторного эксперимента

α	$\tau, \text{ч}$	$t, ^\circ\text{C}$	α	$\tau, \text{ч}$	$t, ^\circ\text{C}$	α	$\tau, \text{ч}$	$t, ^\circ\text{C}$
1,2	0,15	600	3,5	0,15	500	4,6	0,15	450
1,2	0,5	680	3,5	0,5	535	4,6	0,5	470
1,2	1,0	710	3,5	1,0	570	4,6	1,0	490
1,2	1,5	725	3,5	1,5	585	4,6	1,5	495
1,2	2,0	730	3,5	2,0	590	4,6	2,0	505
1,2	2,5	750	3,5	2,5	600	4,6	2,5	510

При экспериментах сохраняли постоянными: $Q=2.1 \text{ м}^3/\text{ч}$; $q=35,84 \text{ МДж}/\text{м}^3$, $V=0.062 \text{ м}^3$; $C=0,00158 \text{ МДж}/\text{м}^3\text{град}$.

Для последующего анализа обозначим: $y=K_1$; $x=\alpha$; $z=K_2$. С целью построения зависимости $F(x)$ в уравнении (7) выберем промежуточное между крайними значениями x значение $x=3,5$ и рассчитаем отношения y/y_0 (y_0 соответствует $x=3,5$) для каждого значения x, z . В результате получим совокупность отношений y/y_0 при трёх значениях $x=1,2; 3,5; 4,6$. Эти данные обобщаются при коэффициенте корреляции 0,992 регрессивной зависимостью.

$$y/y_0 = 0,1136(12,25-x). \quad (9)$$

Для построения зависимости $\Phi(z)$ выбираем между крайними значениями τ промежуточное значение $\tau=1$, которому соответствует $K_2=33,9$. Рассчитываем отношения y/y_1 (y_1 соответствует

$K_2=33,9$), для каждого значений z, x . В результате, как и раньше, получаем значения y/y_1 для шести значений z . Эти данные обобщаются с индексом корреляции 0,932 регрессионной зависимостью

$$y/y_1=0.81z^{0.0557} \quad (10)$$

Считая, что численные коэффициенты в формулах (9), (10) входят в пока неизвестный коэффициент b выражение (8), получим:

$$F(x)=12,25-x; \Phi(z)=z^{0.0557}.$$

После этого, используя экспериментальное значение y и значения $F(x)$ и $\Phi(z)$, по формуле(8) находим, что $b=0,00225$. Тогда в соответствии с выражением (7) получим математическую модель в виде связи комплексов (4):

$$K_1=0,00225(12,25-\alpha) K_2^{0,0557} \quad (11)$$

где комплексы K_1 и K_2 определяются формулами (2) и (3).

Индекс корреляции для модели (11) рассчитаем по общей формуле

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum (K_1 - K_{1p})^2}{\sum (K_1 - K_{1cp})^2}},$$

где: K_1 -экспериментальное значение комплекса; K_{1p} - соответствующее значение комплекса, рассчитанное по формуле (11); $K_{1cp} = \sum K_1/n$ (n - количество экспериментальных точек).

Получено значение индекса корреляции $R=0.993$, корреляционная связь полная и существенная [5].

Используем полученную модель (11) для расчёта температуры продуктов сгорания при исходных данных, которые не могли быть использованы при построении модели, так как расход газа был несколько меньше и составлял $1,9 \text{ м}^3/\text{ч}$. Сопоставление расчётных и экспериментальных данных приведено в табл. 2.

Таблица 2.

Сравнение расчётных (t_p) и экспериментальных (t) значений температуры продуктов сгорания.

α	$\tau, \text{ч}$	$V, \text{м}^3$	$t, \text{°C}$	$t_p, \text{°C}$	$\delta, \%$
1,2	2,5	0,062	724	719,2	-0,7
2,5	2,5	0,062	615	634,4	3,2
3,5	2,5	0,062	545	564,8	3,6

Из табл. 2 следует, что погрешность расчёта температуры не превышает 4%.

ВЫВОД:

С помощью теории размерностей и корреляционно-регрессионного анализа получена двухфакторная нелинейная математическая модель в виде связи комплексов, позволяющая определить температуру продуктов сгорания природного газа на выходе топки по значениям коэффициента избытка воздуха, расхода газа и продолжительности топки. Модели соответствует индекс корреляции 0,993, корреляционная связь полная и существенная.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1.Боровский Б.И., Козлов А.К. Использование корреляционно-регрессивного анализа с целью уточнения математической модели для температуры наружной поверхности дымохода газовых печей и ресторанных плит. Сб «Строительство и техногенная безопасность», вып. 15-16.- Симферополь:НАПКС,2006.-с.148-150.
- 2.Соснин Ю.П. Газовые отопительные и отопительно-варочные печи.-М.: Из-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР,1960.-268с.
- 3.Кремер Н.Ш., Путько Б.А. Эконометрика.-М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2003.-311с.
- 4.Боровский Б.И. Курс лекций по дисциплине «Теория экспериментальных исследований».-Симферополь : НАПКС, 2001.-58с.
- 5.Вознюк С.Т., Гончаров С.М., Ковалёв С.В. Основы научных исследований. К.:Вища школа, 1985.-192с.

Дворецкий А.Т., д.т.н., профессор, Казьмина А.И., доцент
 Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Выбор и систематизация энергетических параметров энергоэффективности жилых зданий.

В статье рассмотрены вопросы проектирования энергоэффективных жилых зданий, выбор и систематизации энергетических параметров энергоэффективности этих зданий с использованием солнечной энергии и даны предложения для разработки эталона энергоэффективного жилого здания с применением новых схем солнечных установок на основе отражающих свойств поверхностей концентраторов.

Энергоэффективность, энергосбережение, климатические факторы, тепловой режим, энергетический показатель компактности здания, пассивный коллектор, теплоносители.

В 2000г. ЕС приняло решение о долгосрочной программе содействия энергетической эффективности (SAVE). Тем самым было подтверждено, что энергоэффективность играет главную роль в снижении отрицательного воздействия жилищного строительства на окружающую среду. Особый интерес представляет директива ЕС от 16 декабря 2002г. по энергетической эффективности зданий, положения которой государства – члены ЕС должны были принять до 4 января 2006г. Цель директивы – улучшение энергетических параметров жилых зданий, потребляющих около 40% производимой энергии. Этим документом установлено, что входящие в ЕС государства должны применять на национальном или региональном уровне методологию расчета энергетической эффективности зданий, включающую оценку их объемно-планировочного решения, ориентации, конструктивных решений, инженерно-технического обеспечения, использования солнечной радиации и защиты от нее, внедрения других возобновляемых источников энергии и прочее. Иными словами она содержит основной набор требований к энергетической характеристике зданий. Следовательно, энергоэффективные здания – здания, при проектировании которых предусмотрен комплекс архитектурно-строительных и инженерно-технических мероприятий, обеспечивающих существенное снижение затрат энергии на теплоснабжение по сравнению с обычными зданиями при одновременном повышении комфортности микроклимата в помещениях и оптимальном стоимостном балансе между затратами на теплозащиту здания и на эксплуатацию его инженерных систем.

Вместе с тем ощущается явная нехватка информации о научных методах, на основе которых осуществляется проектирование энергоэффективных зданий.

С точки зрения современной науки задача проектирования энергоэффективных зданий относится к так называемым задачам «системного анализа» или задачам «исследования операций», поиск решения которых связан с выбором альтернативы и требует анализа сложной информации различной физической природы. Цель методов системного анализа или исследования операций – предварительное количественное обоснование оптимальных решений. Оптимальными здесь называются решения, которые по тем или иным признакам предпочтительнее всех других. Модель теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы целесообразно представить в виде трех взаимосвязанных моделей, более удобных для изучения:

- модели теплоэнергетического воздействия наружного климата на здание;
- модели теплоаккумуляционных характеристик оболочки здания;
- модели теплоэнергетического баланса помещений здания.

Оптимизационная задача для энергоэффективного здания имеет следующее содержание: определить показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимум расхода энергии на создание микроклимата в помещениях здания. В обобщенном математическом виде целевую функцию для энергоэффективного здания можно записать так:

$$Q_{\min} = F(\alpha_i) \quad (1)$$

где: Q_{\min} – минимальный расход энергии на создание микроклимата в помещениях здания;

α_i – показатели архитектурных и инженерных решений здания, обеспечивающих минимум рас-

хода энергии.

Исследования, проведенные в России и других странах, установили, что совершенствование объемно-планировочных решений – это основной беззатратный вид энергосберегающих мероприятий, который обеспечивает экономное расходование не только энергетических, но и других видов ресурсов (финансовые, трудовые, материальные и др.).

Формирование новых типов энергоэффективных жилых зданий к тому же основывается на системном подходе к зданию как единой энергетической системе и экологическому компоненту окружающей среды. Оно определяет решение проблемы энергосбережения, как совокупность энергосберегающих объемно-планировочных, конструктивных мероприятий и эффективных проектов инженерного обеспечения при оптимальном стоимостном балансе между затратами на теплозащиту здания и на эксплуатацию инженерных сетей.

При проектировании энергоэффективного здания можно выделить архитектурные и инженерные решения.

Архитектурные решения.

1. Выбор местоположения здания с учетом климатических особенностей, рельефа местности и существующей застройки в районе предполагаемого строительства.
2. Общая архитектурно-планировочная концепция здания.
3. Определение формы и ориентации здания.
4. Выбор остекления здания (площади и расположения светопроемов) и солнцезащиты.
5. Выбор конструкции материалов наружной облицовки.
6. Выбор объемно-планировочных решений здания (внутренняя планировка).
7. Выбор схемы пассивного коллектора.
8. Выбор схемы организации вентиляции и освещения.

Инженерные решения.

1. Выбор источников теплоснабжения, в том числе возможность использования нетрадиционных источников энергии – солнечных, ветровых.
2. Выбор системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха здания.
3. Выбор системы автономного (автоматизированного) управления инженерного оборудования здания.

При проектировании энергоэффективного здания архитектурные решения должны быть направлены на максимальное использование положительного и нейтрализацию отрицательного воздействия наружного климата [1,3] на тепловой баланс здания, а инженерные решения – на организацию системы климатизации здания, обеспечивающей требуемые параметры микроклимата в помещении с наименьшими затратами энергии.

При реальном проектировании энергоэффективных зданий целесообразно ввести показатель, характеризующий степень отличия реализованного решения от оптимального. В других случаях этот же показатель может служить критерием оценки искусства проектировщика. Назовем эту величину «показателем тепловой эффективности проектного решения».

Тепловая эффективность зданий имеет существенное значение для создания комфортных условий пребывания людей в помещениях, а также определяет стоимость строительства зданий и затраты энергии отопления и вентиляцию помещений в зимний период времени или охлаждение и кондиционирование воздуха в жаркое время года.

С точки зрения методологии системного подхода тепловую эффективность здания следует рассматривать как результат взаимодействия трех основных элементов единой энергетической системы [1]:

- климатических параметров окружающей среды;
- проектно-планировочных решений и теплоизолирующих качеств ограждающих конструкций здания;
- параметров технического комплекса децентрализованного теплоснабжения для создания комфортного микроклимата в помещениях.

Например, удачный выбор ориентации и размеров здания прямоугольной формы дает возможность в теплый период года уменьшить воздействие солнечной радиации на оболочку здания и, следовательно, снизить затраты на его охлаждение, а в холодный период увеличить воздействие солнечной радиации на оболочку здания и уменьшить затраты на отопление. Аналогичные результаты будут получены при удачном выборе ориентации и размеров здания по отношению к воздействию ветра на его тепловой баланс.

При разработке объемно-планировочного решения большое внимание должно быть уделено правильному выбору конструктивной системы и схемы здания. Это дает возможность рационального выбора наружных ограждающих конструкций. Так, например, в здании с каркасной системой, наружные ограждающие конструкции могут быть приняты многослойными фиксированной толщины, обеспечивающей наибольшее затухание наружных тепловых воздействий, а также с оптимальными теплотехническими показателями в зависимости от совокупности требований, которые к ним могут предъявляться.

Например, могут иметь место следующие формулировки:

- а) для зданий с «прерывистым» режимом отопления [2]: «определить теплотехнические показатели наружных стен, которые при нормативном значении сопротивления теплопередаче обеспечивают минимальный расход энергии в период отопления помещения»;
- б) для зданий, расположенных в сейсмических районах: «определить теплотехнические показатели наружных стен, которые при заданной толщине (или весе) конструкции обеспечивают наибольшее сопротивление теплопередаче и наибольшее сквозное затухание наружных тепловых воздействий»;
- в) для зданий, расположенных в теплом климате: «определить геометрические параметры солнцезащитных устройств, которые в холодный период года обеспечивают максимальное поступление солнечной радиации в помещение, а в теплый период – минимальные поступления солнечной радиации».

При проектировании энергоэффективных жилых зданий необходима утилизация тепла солнечной радиации [1,2] в тепловом балансе здания на основе оптимального выбора материала и конструкции светопрозрачных ограждений. В наружных ограждающих конструкциях здания используют систему стеклянных фасадов, создающую буферную зону, и ограждающие материалы с высокой степенью воздухопроницаемости, что позволяет понизить теплопотери здания, инфильтрацию воздуха и нагрузку на системы климатизации.

Так для решения жилищных проблем в Москве на основе проведенных исследований (ЦНИИ Промзданий и ЦНИИЭП жилища) в области энергосбережения на концептуальном уровне разработаны проекты энергоэффективных высотных жилых зданий с инновационными архитектурно-строительными и инженерно-техническими решениями. Энергосберегающие конструкции этих зданий предполагают высокие теплотехнические качества стен, окон, кровель и стыков, а так же поквартирное регулирование режима отопления, что позволяет создать благоприятный микроклимат в помещениях. Ограждающие конструкции выполняют трехслойными с эффективным утеплителем. Для улучшения теплотехнических качеств домов использованы оконные заполнения с тройным остеклением. Однослойные рулонные кровли из полимерных пленок (срок службы – 25 лет) утепляют экструдированным пенополистеролом повышенной плотности.

Объемно-планировочное решение энергоэффективного здания зависит от ориентации и посадки здания на местности [3]. Оценкой теплового климата и аэрационного режима занимаются на первой стадии проектирования, при этом определяют принципиальные решения здания, обуславливающие теплотехническую и экономическую эффективность. Необходимо помнить, что теплопотери через фасады, ориентированные по разным румбам, неодинаковы. Для отдельного здания фасады, ориентированные на направления от северо-западного до северо-восточного не получают заметного притока тепла в зимний период. При решении планировки квартиры в здании на эти направления необходимо располагать второстепенные помещения (ванны, санузлы, подсобные помещения, возможно - кухни). Исследования показали, что различные комбинации объемно-планировочных решений могут на 40-42% сократить теплопотери через наружные огражде-

ния за счет рационального выбора отношения площади наружных стен к площади основания здания, которое зависит от отношения ширины здания к его длине. Поэтому в градостроительной практике устойчиво проявляются тенденции к строительству ширококорпусных жилых зданий с квартирами повышенной комфортности, учитывающей требования конкретного заказчика. В отличие от существующих зданий шириной 10-12 м ширина новых ширококорпусных составляет до 20 м и более. При этом более совершенные по теплотехническим качествам конструкции наружных многослойных конструкций стен, окон с тройным остеклением, кровля, утепленная экструдированным пенополистеролом, пофасадное и поквартирное регулирование режима отопления – все это в совокупности позволяет создать комфортный микроклимат в помещениях многоэтажных ширококорпусных домах при снижении энергозатрат на их отопление на 50% и более.

В нормативных требованиях, которые должны быть разработаны в Украине, необходимой доминантой является введение нового потребительского подхода к проектированию, когда не регламентируются основные составляющие, определяющие тепловой баланс здания, а нормируется здание в целом с энергетической точки зрения. При этом необходимо ввести два новых показателя энергоэффективности [2]:

- основной нормативный показатель по удельному расходу тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление здания, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \text{Ссут})$ или $[\text{кДж}/(\text{м}^3 \text{Ссут})]$
- контрольный геометрический показатель компактности здания – $1/\text{м}$ [1]

Необходима также энергетическая экспертиза проектной документации для строительства, критерии которой должны быть указаны в специальных ТСН, как сделано в России.

СНиП II-3-79** и ДБН 3.2.6.- 31:2006 «Теплова ізоляція будівель» предусматривает требования к уровню тепловой защиты отдельных ограждающих элементов здания, но не введены в нормы в качестве нормативных показателей такие критерии как:

- среднее приведенное сопротивление всей оболочки здания (с учетом необходимых критериев);
- удельный годовой расход тепла на отопление и вентиляцию 1 м^2 общей площади отапливаемого объема здания.

Эти показатели не новы и достаточно широко применяются в зарубежных нормах.

Так, например, в ТСН города Москва нормативное приведенное сопротивление теплопередаче оболочки здания:

- для жилых зданий до 3 этажей – 3,2
- для жилых зданий средней этажности (3-5 этажей) – 2,4
- для многоэтажных зданий – 1,8

Удельные годовые расходы на отопление и вентиляцию 1 м^2 общей площади здания составляют 240, 220, 180, соответственно.

Необходимо отметить, что внедрение таких показателей как удельный расход тепла на 1 м^2 полезной площади здания, $Q_{\text{уд}}$, кВтчм^2 в дальнейшем можно увязать с системой льготного и наоборот штрафного налогообложения (тарифов) за экономию или перерасход тепловой энергии отдельными потребителями сверх нормативных значений. В свою очередь это может явиться сильнейшим экономическим стимулом для реализации программы энергосбережения как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий.

Для определения теплоэнергетических показателей необходимо знать климатические и архитектурно-планировочные параметры.

Существенное значение для увеличения тепловой эффективности здания имеет рациональный выбор его габаритов.

Как влияет форма здания на его эффективность? Зарубежные нормы в качестве понятия компактности здания используют коэффициент формы, что по сути одно и то же, однако, коэффициент формы удобнее сочетается с понятием приведенной площади поверхности ограждающих конструкций.

Вышеперечисленные коэффициенты определяют следующим образом:

1. Коэффициент конфигурации стен K_k :

$$K_k = L_{\phi} / L_3 \quad (2)$$

где: L_{ϕ} – периметр ограждающих конструкций фактически проектируемого здания (жилого дома) с учетом всех архитектурных и конструктивных выступов стен;

L_3 – периметр ограждающих конструкций здания тех же размеров без учета выступов, увеличивающих периметр (эталон).

Расчетное минимальное требуемое сопротивление ограждающих конструкций стен и окон (R_0^p) при влиянии только фактора конфигурации в этом случае:

$$R_0^p = K_k R_0^{up} \quad (3)$$

где: R_0^{up} – по таблице 1а и 1б, в соответствии с районом проектирования (приложение к СНиП-3-79** или ДБН 8.2.6.-31:2006 «Теплова ізоляція будівель»).

ПРИМЕР:

Рассматривая план двухподъездного дома шириной 13,2 м, длиной 48 м и с четырьмя встроенными на глубину 1,2 м лоджиями, определяем:

$$K_k = L_{\phi} / L_3 = 132 / 122 = 1,08$$

Отдельно для стен, окон и балконных дверей:

$$R_0^p = 1,08 R_0^{up}$$

2. Коэффициент ширины корпуса $K_{ш}$ для ширококорпусных домов находим по формуле:

$$E = L_{\phi} / W_{\phi} \div L_3 / W_3 \quad (4)$$

где: L_{ϕ} – периметр конструируемого здания (ширина может колебаться в пределах 16-22 м, длину устанавливают в соответствии с заданием на проектировании);

W_{ϕ} – площадь этажа проектируемого здания;

L_3 – периметр эталона (ширина может колебаться от 11 до 12 м, длину принимают равной длине проектируемого здания);

W_3 – площадь этажа эталонного здания.

Расчетное требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций стен, окон и балконных дверей при влиянии только ширины корпуса:

$$R_0^p = K_{ш} R_0^{up} \quad (5)$$

ПРИМЕР:

Принимаем фактически проектируемый дом размером 60 x 20 м, размеры эталонного дома 69 x 13 м.

$$K_{ш} = L_{\phi} / W_{\phi} \div L_3 / W_3 = 0,7$$

$R_0^p = 0,7 R_0^{up}$ для стен, окон, балконных дверей.

3. Коэффициент высоты этажа K_3 требует более детального изложения.

СНиП 2.08.01-89 «Жилые здания» устанавливал как обязательную высоту этажа от пола до пола не более 2,8 м.

В п.1.1.* СНиП 2.08.01-89 внесены изменения, фактически снимающие ограничения по высоте этажа. Поэтому следовало бы высоту этажа от пола до пола 2,8 м оставить расчетной (эталонной) при расчете теплосопротивления ограждающих конструкций.

При повышении высоты

$$K_3 = h_{\phi} / 2,8$$

$$R_0^p = K_3 R_0^{up} \quad (6)$$

Расчетный показатель компактности здания для жилых зданий не должен превышать следующих значений:

- для зданий 16 этажей и выше – 0,25;
- для зданий от 10 до 15 этажей – 0,29;
- для зданий от 6 до 9 этажей – 0,32;
- для 5-этажных зданий – 0,369;
- для 4-этажных зданий – 0,43;
- для 3-этажных зданий – 0,54;
- для двухэтажных и одноэтажных зданий с мансардой – 0,9;
- для одноэтажных зданий – 1,1.

Разные здания одинакового объема, построенные из одного и того же материала, могут иметь значительные различия суммарной площади ограждающих конструкций и, следовательно, разные по значению теплопотери при существенно различной тепловой эффективности.

Одним из определяющих факторов повышения энергоэффективности является тепловая инерция (D) ограждающих конструкций. В здании, имеющем высокую тепловую инерцию, не понизится существенно температура воздуха при воздействии наружных расчетных температур. Иными словами, в инерционном здании температура внутреннего воздуха будет оставаться некоторое время стабильной при температуре наружного воздуха равной расчетной и даже ниже. Отсюда следует, что расчетную температуру наружного воздуха для проектирования систем отопления надо выбирать исходя из тепловой инерции ограждающих конструкций. Продолжительность стояния низких расчетных температур мала и инерционное здание не успевает «остыть», понизив тем самым температуру внутреннего воздуха.

В энергоэффективном здании целесообразно использовать пассивные коллекторы. Солнечная энергия непосредственно конвертируется в обогревание воздуха в коллекторе с двойным остеклением (оранжерея), расположенном с южной стороны здания, внутреннее пространство которого нагревается с помощью парникового эффекта. Аккумулятором являются камни, уложенные на дне внутреннего пространства коллектора, и бетонные стены.

Тёплый воздух из коллектора поступает через отверстия («пустоты») в плитах перекрытия в северную часть жилого помещения и распределяется путём естественной конвекции. Затем охлаждённый воздух по специальным воздуховодам поступает в нижнюю часть пассивного коллектора (оранжерея), где снова нагревается.

Такая система может использоваться в двухэтажном доме (общая полезная площадь около 100 м²). Воздушный солнечный коллектор с двойным остеклением (площадь поверхности 20 м²). Жилые помещения обогреваются циркуляцией теплого воздуха. Запасное отопление газовое или электрическое.

Дом жилой площадью 100 м². Теплопотери – 12 кВт при температуре наружного воздуха -16⁰. Эти потери сокращены за счёт архитектурно-планировочных решений, учитывающих климатические факторы, за счёт применения современных теплоизоляционных материалов.

Эти потери покрываются за счёт:

- пассивной солнечной установки (оранжерейного типа) – 5 кВт
- солнечной инсоляции (обогрев через окна не северной ориентации) или аккумулированного тепла - 2 кВт

Оставшиеся 5 кВт покрываются за счёт сжигания органического топлива или электроэнергии.

Необходим дифференцированный подход к назначению требуемого уровня теплозащитных качеств ограждающих конструкций зданий и введения в практику проектирования критериев, нормирующих не промежуточные величины, а конечные потребительские качества всего здания.

Основной целью на ближайшие годы становится борьба с теплопотерями и выход на идеальный расход топлива на 1 м² площади здания, близкие к расходу топлива в европейских странах.

ВЫВОДЫ:

1. Необходимо провести научно-исследовательские работы по разработке «Концепции формирования новых типов энергоэффективных зданий» и разработать эталон такого здания с максимальными нормативными параметрами.
2. Формирование новых типов энергоэффективных жилых зданий должно быть основано на системном подходе к зданию, как единой энергетической системе и экологическому компоненту окружающей среды, что позволит вычислить энергетический потенциал климата и определить методы его использования для тепло- и холодоснабжения здания, а также позволит определить характеристики архитектурно-конструктивных, теплотехнических или энергетических показателей здания как единой энергетической системы.
3. При проектировании энергоэффективного здания архитектурные решения должны быть направлены на максимальное использование положительного и нейтрализации отрицательного воздей-

ствия наружного климата на тепловой баланс здания, а инженерные решения – на организацию системы климатизации здания, обеспечивающей требуемые параметры микроклимата в помещениях с наименьшими затратами энергии.

4. При разработке проектов энергоэффективных зданий необходима оптимизация теплоэнергетического воздействия наружного климата на тепловой баланс здания за счет выбора формы здания, ориентации, расположение заполнения световых проемов, регулирования фильтрационных потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гамбург П.Ю. Учет тепла, вносимого солнечной радиации. -М.: Гостстройздат, 1964г.
2. Дворецкий А.Т., Казьмина А.И., Дворецкий Д.А. Особенности проектирования энергоэффективных зданий с применением пассивных и активных солнечных установок. Третья международная научно-практическая конференция „Геометрическое и компьютерное моделирование: энергосбережение, экология, дизайн». – Симферополь.- 2006.
3. Казьмина А.И. Климатический паспорт – первая ступень для проектирования зданий. Устойчивый Крым, инновационный потенциал Крымской академии природоохранного и курортного строительства, 2000г.

Зайцев О.Н., д.т.н., профессор, Мунтян Е.Ю., магистр

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Гидродинамические особенности процессов в нагревательных приборах систем отопления

С использованием известной математической модели проведен численный эксперимент, который показал, что, вопреки существующему мнению, увеличение скорости потока горячей воды в нагревательном приборе не ведет к увеличению его теплоотдачи в связи с неполным заполнением прибора из-за падения статического давления.

Система отопления, нагревательный прибор, теплоноситель, скорость, статическое давление.

При централизованном теплоснабжении высокотемпературной водой считается оправданным стремление повышать расчетную температуру и скорость движения теплоносителя в системах отопления [1]. Это делают для уменьшения площади поперечного сечения теплопроводов и нагревательной поверхности. Однако повышение температуры теплоносителя в большинстве случаев препятствуют санитарно-гигиенические требования, предусматривающие нормативное ограничение температуры теплоносителя в системе отопления того или иного здания.

Увеличение скорости движения теплоносителя в системе отопления не приводит к существенному увеличению теплоотдачи нагревательным прибором.

Одной из причин этого, возможно, являются особенности гидродинамики самих нагревательных приборов, тем более, что при установке терморегуляторов перед нагревательными приборами гидравлика последних будет изменяться, что соответственно будет влиять на их теплоотдачу [2]. Очевидно, теплоотдача будет определяться не только количеством тепла, внесенного теплоносителем, но и распределением его в нагревательном приборе в зависимости от скорости входа, взаиморасположения ввода и вывода теплоносителя.

В данной статье сделана попытка рассмотреть распределения температур, скоростей и давления в отопительном приборе при использовании различных схем подвода и отвода теплоносителя, а также при изменении скорости на входе в нагревательный прибор.

Для выявления в первом приближении влияния скорости течения теплоносителя рассмотрим уравнение Бернулли с учетом потерь

$$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot V^2}{2 \cdot g} + h = const, \quad (1)$$

где: Z - положение центра тяжести потока, м; $\frac{P}{\rho \cdot g}$ - пьезометрическая высота, м; $\frac{\alpha \cdot V^2}{2 \cdot g}$ - высота скоростного напора, м; α - коэффициент неравномерности; V - средняя скорость потока, м/с; h - потери энергии, м.

Из уравнения (1) следует, что при увеличении скорости потока статическое давление падает, в том числе за счет роста потерь энергии. Это должно привести к ухудшению заполняемости отопительного прибора (радиатора) в вертикальной плоскости.

Для выявления более подробной картины заполнения радиатора используем математическую программу [3].

В данной программе движение текучей среды моделируется с помощью уравнений Навье-Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы массы, импульса и энергии. Кроме того, используются уравнения состояния текучей среды, а также эмпирические зависимости вязкости среды от температуры. Сжимаемость жидкости задается зависимостью плотности от давления. Системой этих уравнений моделируются турбулентные, ламинарные и переходные течения.

В качестве граничных условий заданы размеры нагревательного прибора, коэффициент теплопроводности 50 Вт/м^2 , температура теплоносителя (вода) на входе 373 К . Скорость теплоносителя изменялась от $0,01$ до $0,5 \text{ м/с}$. Рассматривались следующие схемы присоединения нагрева-

тельного прибора:

- подача сверху, отвод снизу с одной стороны;
- подача сверху, отвод снизу с противоположной стороны;
- подача сверху, отвод сверху с противоположной стороны;
- подача снизу, отвод снизу с противоположной стороны;
- подача снизу, отвод сверху с противоположной стороны;

Результаты численного эксперимента с использованием указанной программы представлены на рис.1, 2.

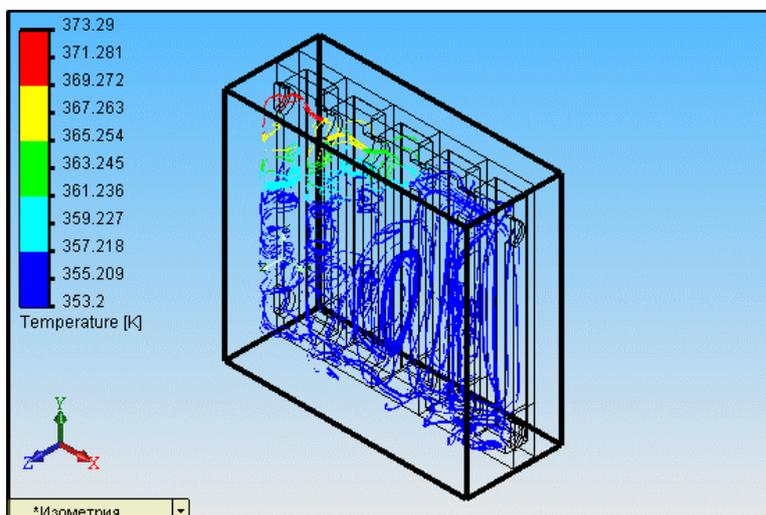


Рис.1.Присоединение сверху - вниз с противоположной стороны, скорость входа 0,01м/с

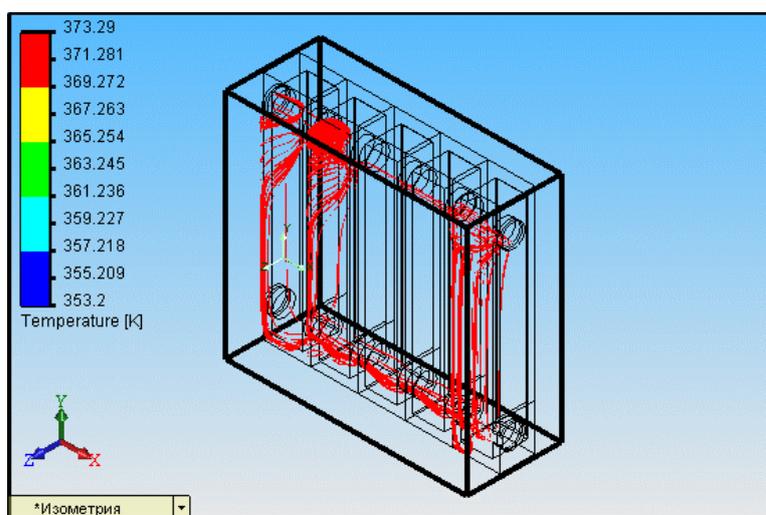


Рис.2.Присоединение сверху-вниз с противоположной стороны, скорость входа 0,5м/с

Видно, что увеличение скорости, в связи с падением статического давления, приводит к снижению заполняемости радиатора, образованию застойных зон и «проскоку» теплоносителя через радиатор, это проявляется при всех видах присоединения радиатора.

Выявлено также влияние схемы подключения радиатора на течение теплоносителя в радиаторе.

Распределение теплоносителя в случае присоединения сверху-вниз с одной стороны показывает, что даже при наборе из 5-ти элементов происходит «проскок» теплоносителя в средней части, то есть в первом элементе происходит торможение вследствие резкого расширения, а второй и третий элемент оказываются не вовлеченными в циркуляцию, при этом в случае увеличения скорости входа эта область увеличивается.

При подаче теплоносителя сверху-вниз с противоположных сторон циркуляция сохраняется во всех элементах прибора, хотя образование двух циркуляционных колец (элементы 1-3 и 4-5) сопровождается образованием застойных зон при увеличении скорости на входе. Такое подключение представляется оптимальным.

При остальных способах присоединения циркуляция реализуется в два контура – первый в начальных элементах (1-2), возникающий из-за резкого торможения теплоносителя при входе и второй (4-5), образующийся под действием гравитации. При этом, необходимо отметить, что увеличение скорости входа исключает циркуляцию по второму контуру, где образуются зоны застоя теплоносителя.

ВЫВОДЫ:

1. С увеличением скорости течения на входе в нагревательный прибор из-за падения статического давления, в том числе за счет роста потерь давления, происходит неполное заполнение прибора, образование застойных зон и «проскок» теплоносителя через прибор. Это ведет к уменьшению теплоотдачи нагревательного прибора.
2. Схема подключения нагревательного прибора существенно влияет на характер течения теплоносителя в нем. Оптимальным является подключение, при котором подача осуществляется сверху, а отвод снизу с противоположной стороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононович Ю.В. Тепловой режим зданий массовой застройки - М.: Стройиздат, 1986, 157с.
2. Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика. К.: Таки справи, 2005, с. 302.
3. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике/ Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. - СПб.: БХВ - Петербург, 2005, 800с.

Химич А. П., Новикова Д. В., Пасечник А. П., студенты, Козлов О.М., профессор
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Исследование теплофизических характеристик гелиопрофиля «ТЕПС»

Исследуются оптические характеристики гелиопрофиля «ТЕПС».

Энергетика, гелиопрофиль «ТЕПС», гелиоколлектор, абсорбер, равновесная температура.

Введение

В общем, для любой гелиосистемы характерен следующий вид зависимости КПД от параметра x [1]:

$$\eta = \tau\alpha - U \cdot x \quad (1)$$

Где: $x = \frac{t_{\text{ср}} - t_{\text{окр}}}{I}$ $x = \frac{t_{\text{ср}} - t_{\text{окр}}}{I}$

$t_{\text{ср}}$ – средняя температура теплоносителя в абсорбере;

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды;

I – интенсивность падающего излучения, Вт/м²;

U – обобщенный коэффициент тепловых потерь, Вт/м²°С;

$\tau\alpha$ – комплекс, равный произведению поглощающей способности абсорбера и пропускающей способности покрытия (рис. 1).

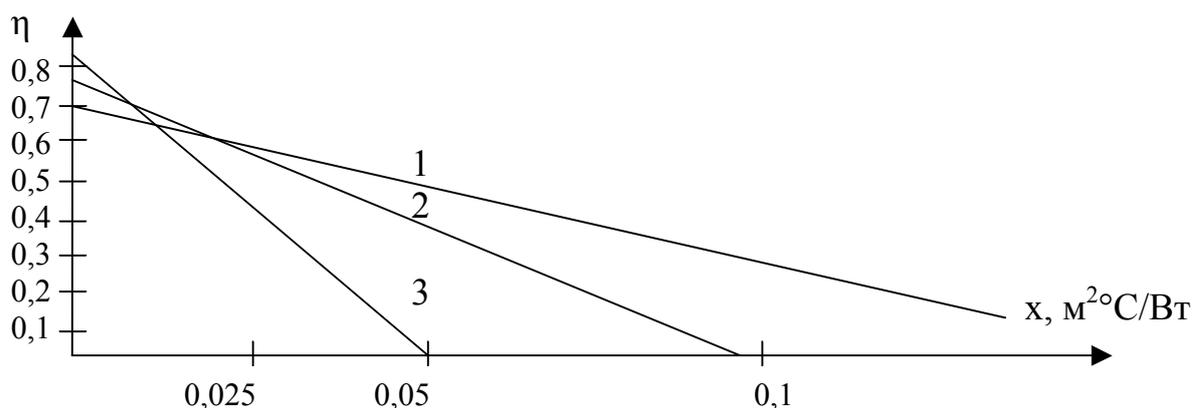


Рис. 1. Виды зависимостей КПД(x)

Прямая 1 характерна для систем без покрытия и теплоизоляции. Наибольшую эффективность они имеют в жаркие дни при высокой солнечной интенсивности. С понижением температуры окружающей среды их эффективность резко падает

Замедлить падение КПД системы с ростом параметра « x » можно, устанавливая слои остекления и теплоизоляцию, но при очень высоких значениях интенсивности солнечного излучения такие системы будут преобразовывать меньшую долю солнечной энергии, чем системы без остекления. Для таких систем характерна прямая 3.

Прямая 2 соответствует промежуточному случаю.

С понижением параметра « x » режим работы гелиосистемы приближается к тепловому равновесию с окружающей средой. Когда параметр « x » равен нулю, тепловые потери за счет конвекции и теплопроводности отсутствуют. В этом режиме система будет работать со своим оптическим КПД (максимально возможным). Если дождаться установившегося режима в таких условиях, то температура теплоносителя достигнет равновесной температуры (максимально возможной при данной интенсивности солнечного излучения).

Вследствие необратимости процессов теплоотдачи, энергию, полученную в таком режиме, будет невозможно использовать, потому что отбор тепла связан с наличием конечной раз-

ности температур. То есть приемник тепла должен быть холоднее источника, следовательно, в системе установится температурный градиент и температура теплоносителя станет меньше равновесной. Параметр «х» станет больше нуля и установившийся режим нарушится.

Метод равновесных температур

Для оценки эффективности абсорберов солнечных коллекторов может быть применен метод равновесных температур, описанный в [3].

Данный метод удобен тем, что позволяет не учитывать конструктивных особенностей абсорбера.

Равновесная температура – это температура абсорбера, которая устанавливается в режиме теплового равновесия между абсорбером и окружающей средой, то есть в состоянии, когда энергия, подводимая к абсорберу в единицу времени, равна энергии, теряемой абсорбером за это же время.

Предположим, что абсорбер находится в состоянии теплового равновесия. Тогда энергия, подводимая к нему в единицу времени, будет равна поглощенной доле солнечного излучения:

$$Q_i = I \cdot A_1 \cdot \alpha \quad Q_i = I \cdot A_1 \cdot \alpha \quad (2)$$

где: I – интенсивность солнечной радиации, Вт/м²;

A_1 – площадь поглощающей поверхности, м²;

α – коэффициент поглощения абсорбера.

Мощность, отводимая от абсорбера, будет равна мощности тепловых потерь:

$$Q_0 = U \cdot A_2 \cdot (t_e - t_{oc}) \quad Q_0 = U \cdot A_2 \cdot (t_e - t_{oc}) \quad (3)$$

где: t_e – равновесная температура абсорбера, °С;

t_{oc} – температура окружающей среды, °С;

$(t_e - t_{oc})$ – температурный напор между абсорбером и окружающей средой;

A_2 – площадь поверхности, с которой происходят теплотери, м²;

Составив тепловой баланс для двух интенсивностей (I_1, I_2) и проведя преобразования, представленные в [3], получим выражение для комплекса α/U , который является упрощенной характеристикой абсорбера:

$$\frac{\alpha}{U} = \frac{t_{e2} - t_{e1} - t_{oc2} + t_{oc1}}{(I_2 - I_1) \cdot K_A} \quad \frac{\alpha}{U} = \frac{t_{e2} - t_{e1} - t_{oc2} + t_{oc1}}{(I_2 - I_1) \cdot K_A}, \quad (4)$$

где: $K_A = A_1 / A_2$ – доля площади абсорбера, на которую падает световой поток.

$t_{e(1,2)}$ – равновесные температуры абсорбера при I_1, I_2 , °С;

$t_{oc(1,2)}$ – температуры окружающей среды в первом и втором испытаниях, °С;

Описание гелиопрофиля «ТЕПС»

Гелиопрофиль «ТЕПС» был разработан и внедрен предприятием «Инсолар ЮСВ» (г. Днепрпетровск). [2]

Эскиз гелиопрофиля приведен на рис. 2.

«ТЕПС» имеет цилиндрический канал для жидкого теплоносителя, призматический канал для воздушного теплоносителя или размещения теплоаккумулирующего вещества, наружное и внутреннее технологические ребра.

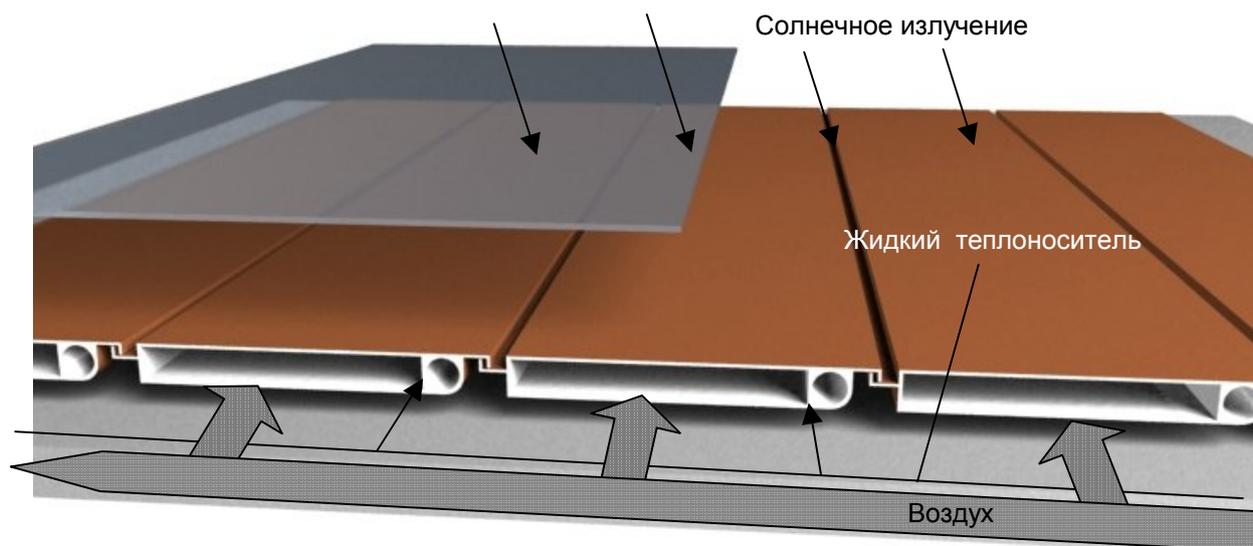


Рис. 2. Эскиз гелиопрофиля «ТЕПС» с каналами для жидкого и газообразного теплоносителя

Описание установки

Для продолжения испытаний гелиопрофиля «ТЕПС» была создана лабораторная установка, представленная на рис. 3.

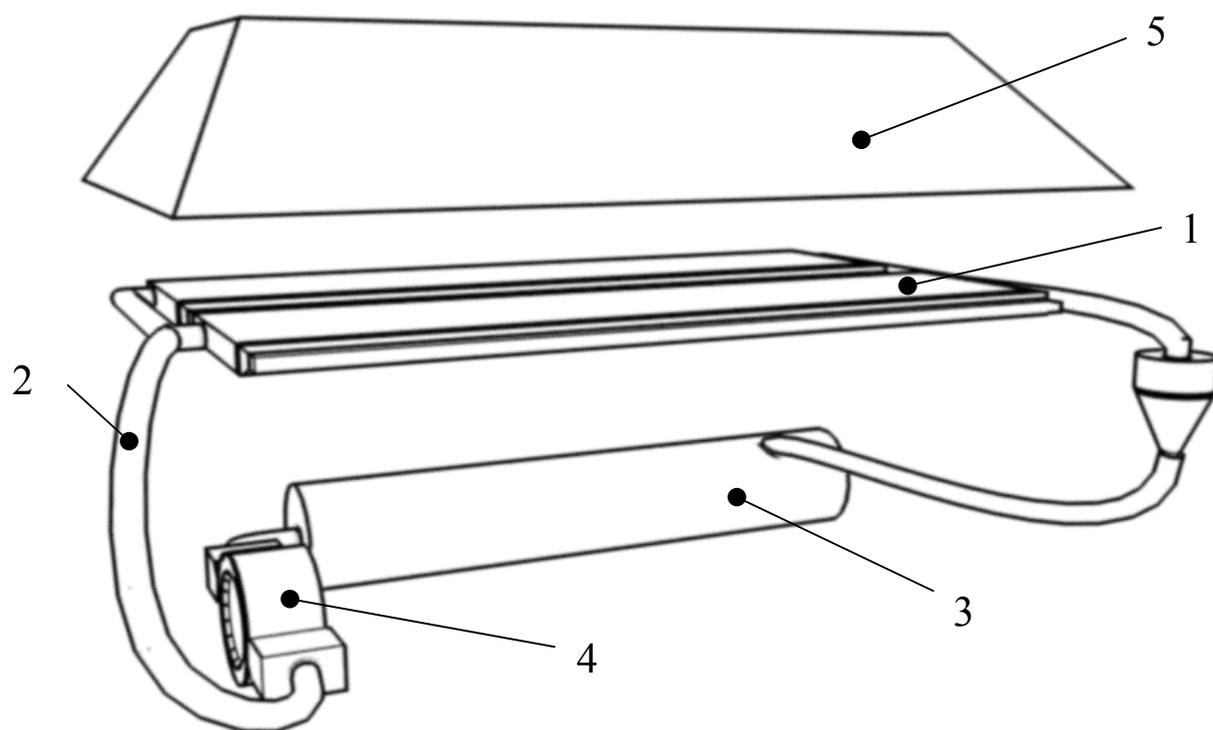


Рис. 3. Лабораторная установка.

Установка представляет собой абсорбер (1) – фрагмент гелиопрофиля «ТЕПС» – площадью 0,3 м², включенный в циркуляционный контур (2). Вода подогревается в абсорбере и поступает в бак (3) емкостью 4 л, откуда выкачивается насосом (4) и снова подается в абсорбер.

Световой поток создается источником искусственного излучения (5).

Измерение температуры воды производится с помощью термоэлектрических преобразователей, установленных во входной и выходной трубах.

Установка обладает очень низкой инерционностью, что позволяет быстро выводить её на режим и эффективно собирать данные о работе системы в различных условиях.

Результаты испытаний

В процессе испытаний были уточнены полученные ранее данные о параметрах гелиопрофиля «ТЕПС», а также получена новая информация.

Испытания проводили в искусственном световом потоке интенсивностью 330, 240, 150 Вт/м².

Расход воды составлял 0,015 кг/с.

В результате испытаний были получены данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Данные испытания гелиопрофиля «ТЕПС»

Температура на входе, °С	Температура на выходе, °С	Температура окр. среды, °С	Средняя температура, °С	x , Вт/м ² °С	КПД
22,9	23,6	21,1	23,3	0,017	0,624
26,0	26,4	21,2	26,2	0,040	0,374
27,7	28,2	21,3	27,9	0,053	0,374
29,3	29,6	21,4	29,5	0,064	0,249
30,8	31,1	21,5	30,9	0,075	0,249
32,0	32,2	21,6	32,1	0,084	0,125
33,5	33,5	21,7	33,5	0,094	0,000
34,3	34,5	21,8	34,4	0,100	0,125
23,5	24,3	21,0	23,9	0,023	0,827
25,0	25,8	21,3	25,4	0,033	0,827
26,5	27,1	21,6	26,8	0,041	0,662
27,9	28,5	21,9	28,2	0,050	0,662
29,5	30,0	22,2	29,7	0,060	0,496
32,8	33,1	22,5	32,9	0,083	0,331
33,8	34,0	22,8	33,9	0,088	0,165
35,3	35,5	23,1	35,4	0,098	0,165
27,0	27,4	21,0	27,2	0,049	0,589
27,7	28,0	21,0	27,9	0,054	0,393
28,3	28,8	21,0	28,5	0,060	0,589
28,6	28,9	21,0	28,8	0,062	0,393
28,9	29,2	21,0	29,1	0,064	0,393

Параметр « x » в табл. 1 рассчитан с учетом коэффициента площади $K_A = A_1/A_2 = 0,5$.

Методом наименьших квадратов был построен график зависимости КПД гелиопрофиля от параметра « x » (рис. 4). Полученный график соответствует выражению (1).

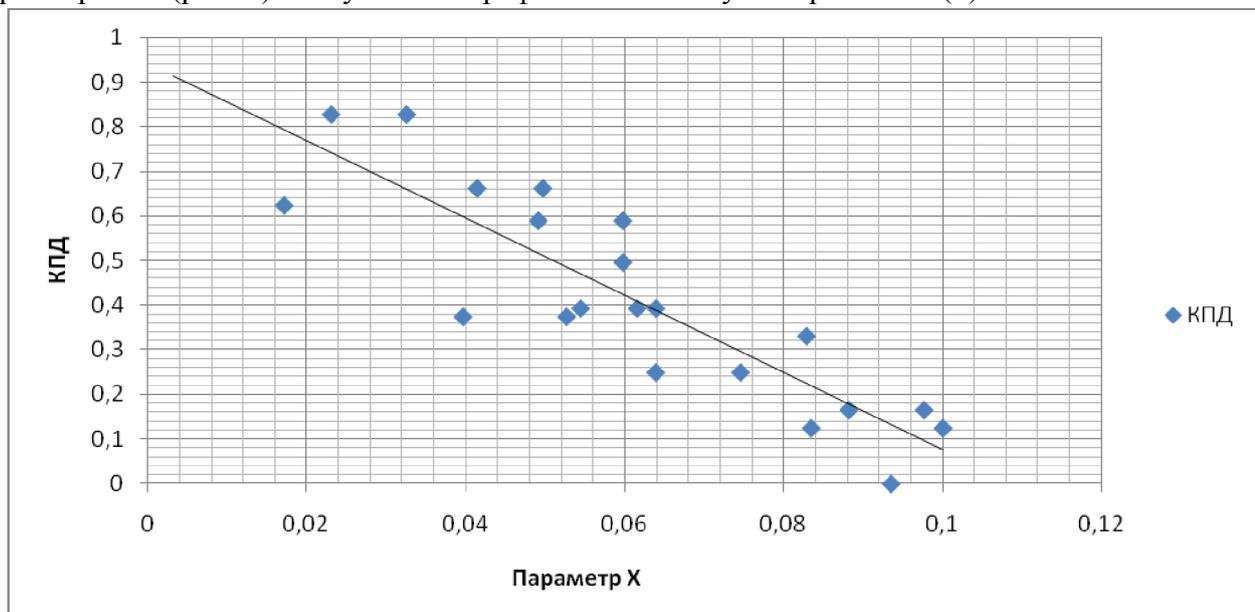


Рис. 4. График зависимости КПД гелиопрофиля «ТЕПС» от параметра « x »

ВЫВОД

Экспериментально определены параметры абсорбера:

оптический КПД: $\eta_{\text{опт}} = 0,93$;

коэффициент поверхностных потерь: $U = 9 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$;

абсолютное значение комплекса α / U , относительное значение которого было получено в [3].

$\alpha / U = 0,18 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дж. А. Даффи, У. А. Бекман. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: «Мир», 1977.
2. «Инсолар ЮСВ»: Энергоактивная кровля в помощь горячему водоснабжению // Сборник докладов международного научно-практического семинара «Экономия. Экология. Комфорт». – Львов: «Экоинформ», 2006. – с. 17.
3. Химич А. П., Новикова Д. В., Пасечник А. П., Козлов О. М. Исследование оптических характеристик гелиопрофиля «ТЕПС» методом равновесных температур // Строительство и техногенная безопасность. Сборник научных трудов. Выпуск 19-20. – Симферополь: НАПКС, 2007. – с. 163-167.

Збірник наукових праць
«Будівництво та техногенна безпека»
23/2008

Сборник научных трудов
«Строительство и техногенная безопасность»
23/2008

Под общей редакцией докт. техн. наук Э.Ф. Панюкова
Технический редактор Т.И. Пчелинцева

Компьютерная верстка К.А. Янушковский
В.А. Белавский

Компьютерный набор авторский

Подписано в печать 23.04.2008. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times
Усл. п. л. 9 . Тираж 350 экз.

Подготовлено к печати в РИО «Национальной академии природоохранного и
курортного строительства»

Отпечатано в РИО «Национальной академии природоохранного и курортного
строительства»

95006 г. Симферополь,
ул. Павленко 5 к. 410 тел. (0652) 58-93-42

E-mail: rio@ecopro.crimea.ua