

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник научных трудов
(Спецвыпуск)

Выпуск 50

БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Збірник наукових праць
(Спецвипуск)

Випуск 50

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»
2014

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, Бекіров Е.А., докт. техн. наук, Боровський Б.І., докт. техн. наук, Бугаєвський Г.М. докт. фіз.-мат. наук, Глухов М.Д., докт. техн. наук, Дворецкий О.Т., докт. техн. наук, Денисова Т.В., канд. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Зайцев О.М., докт. техн. наук, Закусілов М.О., канд. екон. наук., Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (відповідальний секретар), Лінченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирський М.В., канд. техн. наук (зам. головного редактора), Морозов О.Д., канд. техн. наук, Нагаєва З.С., докт. архітектури, Ніколенко І.В., докт. техн. наук, Саломатін В.М., докт. геол.-мін. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сафонов А.О., докт. арх., Субботкін Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мін. наук, Федоркін С.І., докт. техн. наук (головний редактор), Шалений В.Т., докт. техн. наук (зам. головного редактора), Ячменьова В.М., докт. екон. наук

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 1 від 25.09.2014 р.

Адреса редакції: 295006 м. Сімферополь, вул. Павленко, 5, НАПКБ, корпус 2, к 410,
E-Mail: rio@napks.edu.ua.

©Национальная академия
природоохранного
та курортного будівництва, 2014

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, Бекиров Э.А., докт. техн. наук, Боровский Б.И., докт. техн. наук, Бугаевский Г.Н. докт. физ.-мат. наук, Глухов Н.Д., докт. техн. наук, Дворецкий А.Т., докт. техн. наук, Денисова Т.В., канд. техн. наук, Жигна В.В., канд. техн. наук, Зайцев О.Н., докт. техн. наук, Закусілов Н.А., канд. екон. наук, Захаров Р.Ю., канд. техн. наук (ответственный секретарь), Линченко Ю.П., канд. техн. наук, Любомирский Н.В., канд. техн. наук (зам. главного редактора), Морозов А.Д., канд. техн. наук, Нагаева З.С., докт. архитектуры, Николенко И.В., докт. техн. наук, Саломатин В.Н., докт. геол.-мін. наук, Сапронова З.Д., канд. геол.-мін. наук, Сафонов А.А., докт. арх., Субботкин Л.Д., канд. техн. наук, Тарасенко В.С., доктор геол.-мін. наук, Федоркин С.И., докт. техн. наук (главный редактор), Шаленный В.Т., докт. техн. наук (зам. главного редактора), Ячменева В.М., докт. екон. наук

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКС № 1 от 25.09.2014 г.

Адрес редакции: 295006 г. Симферополь, ул. Павленко, 5, НАПКС, корпус 2, к 410,
E-mail: rio@napks.edu.ua.

© Национальная академия
природоохранного
и курортного строительства, 2014

- **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
- **РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК (РААСН)**
- **НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ПРИРОДООХРАННОГО И КУРОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (НАПКС)**
- **ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (ЮЗГУ), КУРСК**
- **НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ РААСН (НИИСФ РААСН)**

**ДОКЛАДЫ ПЕРВОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ
КРЫМСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«ЭНЕРГО – РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**



**29.09– 04.10 2014 г.
Республика Крым, г. Симферополь**

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

Председатель конференции:

Федоркин С.И., ректор НАПКС, Симферополь

Заместитель председателя:

Дворецкий А.Т., НАПКС, Симферополь

Сопредседатели конференции:

Емельянов С.Г., ректор ЮЗГУ

Шубин И.Л., директор НИИСФ РААСН

Любомирский Н.В., проректор НАПКС

Научный комитет:

Бакаева Н.В., Госуниверситет – УНПК,
Орел

Несторович М., Сербия, техн. университет,
Белград

Бекиров Э.А., НАПКС, Симферополь

Nigst Peter, Carinthia University, Austria

Гагарин В.Г., НИИСФ РААСН, Москва

Николенко И.В., НАПКС, Симферополь

Зайцев О.Н., НАПКС, Симферополь

Сергейчук О.В., КНУСА, Киев

Ильичёв В.А., РААСН, Москва

Умнякова Н.П., НИИСФ РААСН, Москва

Клюева Н.В., ЮЗГУ, Курск

Чемодуров В.Т. НАПКС, Симферополь

Колчунов В.И., ЮЗГУ, Курск

Шаленный В.Т. НАПКС, Симферополь

Нагаева З.С., НАПКС, Симферополь

Язма Адам, Czestochowa University, Poland

Технический комитет:

Максименко А.Е.

Денисова Т.В.

Митрофанова С.А.

Чебышев М.В.

Клевец К.Н.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ РАСЧЁТА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЦЕЗАЩИТЫ

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина
email: ovsergeich@mail.ru*

Аннотация. Предлагается новый графоаналитический метод определения эффективности проектируемых солнцезащитных устройств, который основан на использовании энергетических солнечных карт.

Отличие этих карт от традиционных солнечных карт состоит в том, что кроме солнечных траекторий на них изображены 100 точек. Каждая точка даёт 1% энергетической освещенности плоскости заданной ориентации от полностью открытого неба. Солнцезащитное устройство затеняет часть точек. Их количество и определяет эффективность солнцезащиты.

Энергетические солнечные карты разработаны для всех архитектурно-строительных климатических районов Украины для восьми ориентаций фасадов зданий. Они построены отдельно для периода отопления и периода охлаждения зданий; отдельно для прямой и рассеянной солнечной радиации с учётом реальной облачности неба.

Рассматривается принцип построения энергетических карт. Приводятся диаграммы для выбора рационального типа солнцезащитного устройства в зависимости от азимута фасада.

Ключевые слова: энергоэффективность, солнечная радиация, отопительный период, период охлаждения, солнцезащитные устройства.

Постановка проблемы. Определение класса энергоэффективности зданий в зависимости от затрат энергии на отопление, как это регламентируется нормами Украины [1], России [2] да и других стран СНГ не является достоверным. Особенно это ощущается в регионах с жарким климатом, например, в Крыму, где охлаждение зданий летом является массовым явлением.

В Украине принят стандарт ДСТУ Б EN ISO 13790 [3], который определяет методику расчёта энергии на отопление и охлаждение зданий. В настоящее время разрабатывается новая редакция строительных норм по тепловой изоляции зданий, где предусматривается определение энергоэффективности в зависимости от годового потребления энергии на их климатизацию.

Для ограничения летнего перегрева помещений от воздействия солнечной радиации необходимо массово использовать солнцезащитные устройства (СЗУ). Значение СЗУ в настоящее время недооценивается, хотя они способны существенно уменьшить нагрузку на системы охлаждения зданий в период перегрева при сохранении (или незначительном уменьшении) пассивного солнечного отопления зимой. Кроме того, проектировщики не умеют их проектировать. Одной из причин этого является отсутствие простого и наглядного инструментария, позволяющего быстро оценить эффективность проектируемых СЗУ.

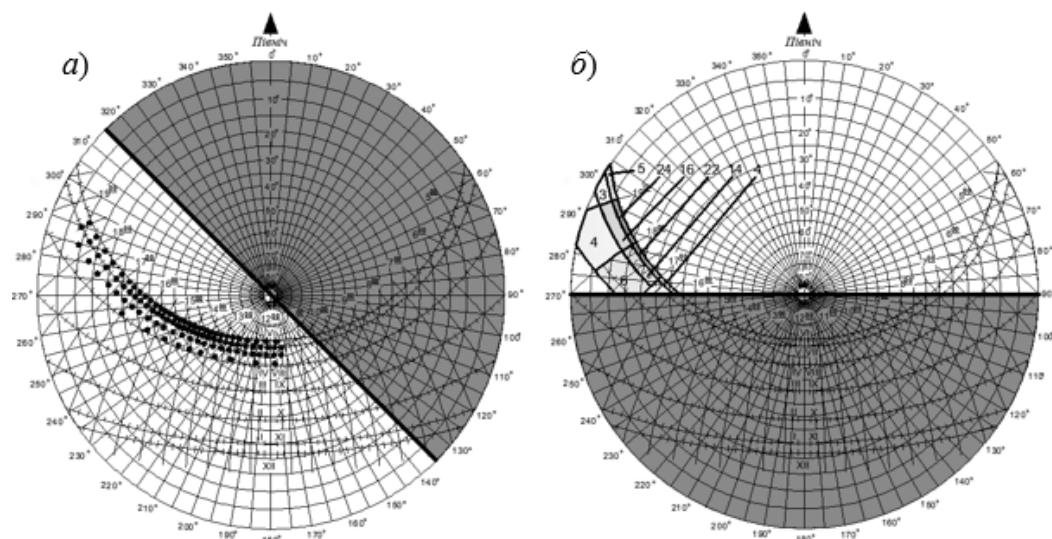
Анализ основных исследований и публикаций. Проблеме определения эффективности СЗУ посвящено много исследований.

В работе [4] предложен метод анализа климатической информации района строительства путем нанесения ее на солнечные карты, для чего на траекториях солнца на небесной сфере отмечаются значения соответствующих температур воздуха. По этим точкам строятся изотермы, которые образуют на солнечной карте зоны желаемой и нежелательной инсоляции. Такие карты названы комплексными солнечными картами. Они являются хорошим графическим инструментом для определения геометрических параметров оптимизированных СЗУ, но не позволяют количественно определить их эффективность. В [5] предложен способ построения энергетических солнечных карт, на которых нанесены изолинии солнечной радиации, поступающей на фасад соответствующей ориентации. Определение эффективности СЗУ по этим картам требуют от проектировщиков значительных дополнительных вычислений. Кроме того, они разработаны только для прямой солнечной радиации.

Целью статьи является обоснование построения энергетических солнечных карт для расчёта эффективности солнцезащитных устройств и иллюстрация их использования в проектировании.

Основная часть. Предлагаемые энергетические карты являются дальнейшим совершенствованием комплексных солнечных карт. Они получены нанесением на солнечную карту для плоскости соответствующей ориентации 100 точек, которые распределены по карте в соответствии с вкладом элементарных участков неба в энергетическую освещенность этой плоскости (рис. 1, а).

Энергетические карты построены для прямой и рассеянной солнечной радиации для архитектурно-строительных климатических районов Украины в соответствии с [6]. Для этого в каждом районе были определены репрезентативные города: I район – Киев, II район – Запорожье, Ша район – Ивано-Франковск, ШБ – Ужгород, IV и V – Симферополь. Данные по поступлению солнечной радиации при реальной облачности взяты из [6]. Недостающие данные получены при помощи ППП “Atmospheric Radiation” [7]. Карты построены отдельно для периода отопления и периода перегрева для вертикальных плоскостей восьми ориентаций: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ. Отопительный период определяется временем года, когда среднесуточная температура воздуха ниже 8°C. Период перегрева – температурой воздуха выше 21°C. Для некоторых ориентаций фасадов точки распределяются очень плотно на маленьком участке неба, что затрудняет их подсчёт при проектировании СЗУ. В этом случае, вместо точек на картах построены зоны с указанием вклада каждой зоны неба в энергетическую освещенность фасада (рис. 1, б).



**Рис. 1. Примеры энергетических солнечных карт для г. Симферополя.
(прямая радиация, период перегрева)**

а – юго-западная ориентация; *б* – северная ориентация

При проектировании СЗУ сначала определяется рациональный класс (регулируемая или стационарная) и тип солнцезащиты в зависимости от ориентации. Для этого разработаны соответствующие диаграммы (рис.2).

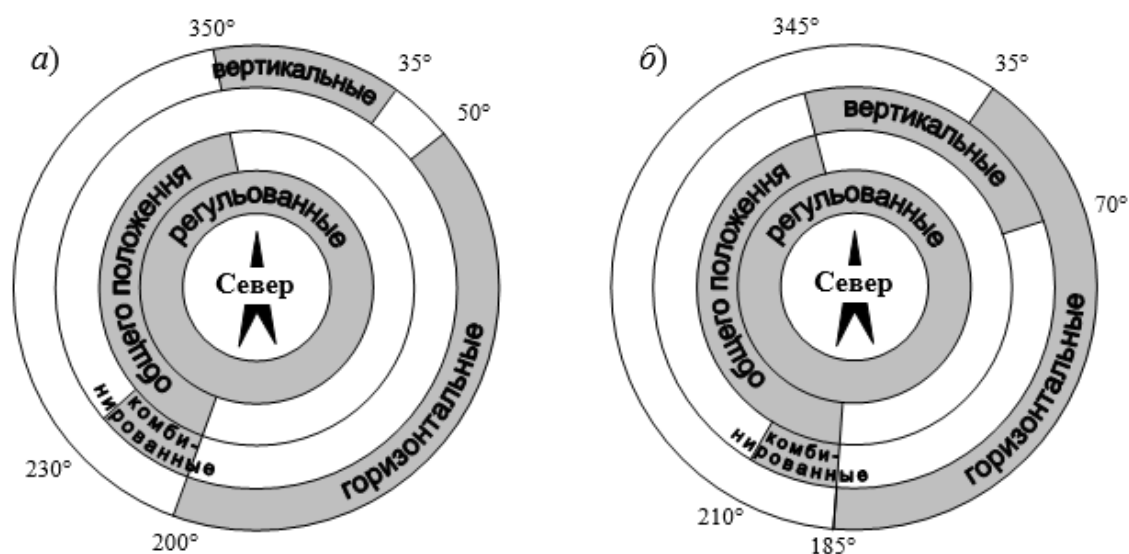


Рис. 2. Примеры диаграмм для выбора типа СЗУ в зависимости от ориентации окна

а – для Киева; *б* – для Симферополя

Затем, на комплексной солнечной карте строится, в соответствии с [4], теневая маска оптимизированного наружного затенения. Контур теневой маски должен коснуться зоны перегрева (рис. 3, *а*). Для построения теневых масок СЗУ общего положения разработаны соответствующие теневые угломеры для наклона направляющей ламелей 15, 30, 45 и 60° [8].

Полученная теневая маска накладывается на энергетическую солнечную карту и определяется эффективность СЗУ. В данном случае, СЗУ в период охлаждения блокирует полностью солнечные лучи, а в отопительный период он пропускает 84 % прямой солнечной радиации (рис. 3, б). Следует отметить, что по рис. 3, а теневая маска почти не затеняет зону перегрева, а по рис. 3, б она затеняет 16 точек периода перегрева. Это несоответствие связано с тем, что на комплексной солнечной карте зона отопления определяется изоплетой 8°C , а на энергетической солнечной карте – датой, когда среднесуточная температура превысила 8°C (для Симферополя – 5 апреля [6]).

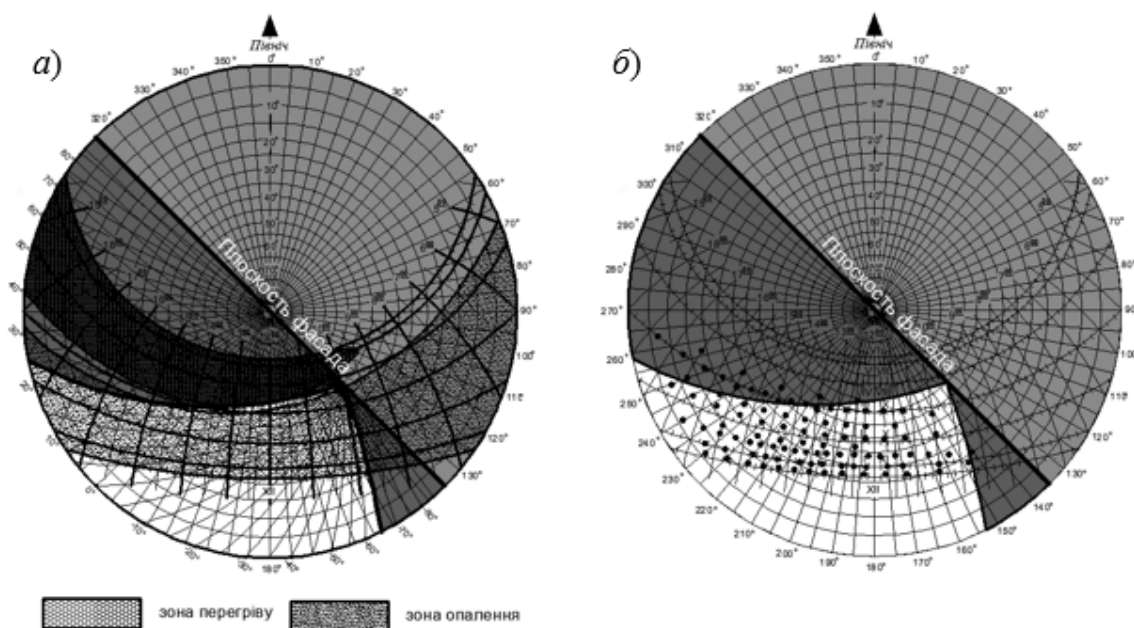


Рис. 3. Проектирование оптимизированного СЗУ для юго-западного фасада в г. Симферополе

а – построение теневой маски; б – определение эффективности для отопительного периода

Аналогично, наложением теневой маски на энергетические солнечные карты для рассеянной радиации, определяется процент её пропуска СЗУ в периоды отопления и охлаждения.

В расчётах общей эффективности СЗУ отражённую радиацию от земли и противоположных зданий можно считать равномерно яркой, а яркость определять как произведение энергетической освещённости отражающей поверхности на её альбедо.

В [9] рассмотрена методика определения понижающих коэффициентов наружного затенения для национального дополнения к [3], которая базируется на применении предложенных энергетических карт.

Выводы. Предложенная методика расчёта эффективности солнцезащитных устройств позволит проектировщикам быстро определять рациональность запроектированной солнцезащиты и, при необходимости, корректировать её геометрические параметры. Это может существенно повысить энергоэффективность зданий.

Литература

1. Тепловая изоляция зданий: ДБН В.2.6-31:2006 – [Дата введения 2007-01-01] (с изменением № 1 от 1.07.2013 г.) / Мінбуд України — К. : Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Государственные строительные нормы Украины).
2. Тепловая защита зданий: СП 50.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003). – [Дата введения 2013-07-01] / Минрегион России – М., 2012. – 95 с. – (Государственные строительные нормы России).
3. Расчет энергопотребления на отопление и охлаждение: ДСТУ Б EN ISO 13790: 2011 (EN ISO 13790 : 2008, IDT). – [Дата введения 2013-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 241 с. – (Национальный стандарт Украины).
4. Руководство по расчету инсоляции объектов гражданского назначения: ДСТУ Н Б В.2.2-27:2010. [Дата введения 2011-01-01] / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2010. – 81 с. – (Национальный стандарт Украины).
5. Дворецкий А. Т. Геометрическая модель распределения солнечной радиации на вертикальном фасаде / А.Т. Дворецкий, М.В. Чебышев // Энергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2013. – Вып. 5. – С. 24-28.
6. Строительная климатология: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010.– [Дата введения 2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Национальный стандарт Украины).
7. Bazhenov V. Applied Software «Atmos-pheric Radiation» for an Energy Efficient Building / V. Bazhenov, P. Lizunov, O. Pidgorny et al // Proceedings of the 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (14th ICCCBE). – [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.icccbe.ru/paper_long/0327paper_long.pdf.
8. Буравченко В. С. Проектирование инсоляционного режима энерго-эффективных зданий / В.С. Буравченко, О. В. Сергейчук // Будівельні конструкції: міжвідом. наук.-техн. зб. наук. праць. – Вып. 81. – К.: ДП НДІБК, 2014. – С. 207-211.
9. Сергейчук О. В. Особенности методики расчёта солнечных поступлений в национальном приложении к ДСТУ Б EN ISO 13790 / О. В. Сергейчук, В. С. Буравченко, О. В. Андропова и др. // Энергоефективність в будівництві та архітектурі: наук.-техн. збірник. — К.: КНУБА, 2014. – Вып. 6. – С. 267-272.

THE SOLAR ENERGY MAPS FOR CALCULATION OF EFFICIENCY OF SOLAR SHADING

O. Sergeychuk

In this paper we propose a new graphic-analytical method for determining the effectiveness of the designed shading devices, which is based on the use of solar energy maps. These cards differ from traditional solar cards that other than solar trajectories they have to 100 points. Each point gives 1% irradiance from the fully open sky in the plane defined orientation. Sunshield shadows some of the points. Their number determines the effectiveness of sun protection. Energy solar maps we developed for all climatic regions of Ukraine for eight orientations of facades.

Energy solar maps we developed for the eight orientations of facades of buildings in all architectural-climatic regions of Ukraine. They are constructed separately for the heating period and the period of cooling of buildings; separately for direct and diffuse solar radiation, taking into account the real cloud sky.

We consider the principle of the energy maps. We give the chart to select the rational type sunshield depending on the azimuth of the facade.

Keywords: energy efficiency, solar radiation, the heating period, the period of cooling, shading devices.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ ОТХОДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОКАРБОНАТА

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: niklub.ua@gmail.com*

Аннотация. Исследована возможность получения газобетона на основе вторичного карбонатного сырья. Определено, что введение в состав газобетонной смеси на основе смешанного известково-цементного вяжущего мелкодисперсных отходов камнедобычи известняков оказывают положительное влияние на структурообразующие процессы растворной части газобетона. Установлено, что мраморовидный известняковый наполнитель и увеличение количества извести в составе известково-цементного вяжущего улучшают показатели вязкости газобетонной смеси, повышают ее газодерживающую способность и способствуют улучшению пористой структуры материала. В комплексе полученные экспериментальные результаты дают основание предполагать, что на основе вторичных дисперсных известняковых отходов и извести можно будет получать прочный ячеистый материал, твердеющий за счет принудительной карбонизации, – газокarbonат.

Ключевые слова: известняковые отходы, известь, известково-цементное вяжущее, газобетонная смесь, газобетон, газокarbonат.

Abstract. Have been learned the possibility of obtaining aerated concrete based on the secondary carbonate materials. Have been determined that the introduction of finely dispersed waste of stone quarrying into the gas concrete mixture based on the mixed lime-cement binder have a positive impact on the structure-forming processes that are occur in the aerated concrete mortar. Have been found that the marbled limestone filler and increase the amount of lime in the composition of lime-cement binder are improve viscosity parameters of aerated concrete mixture, increase its gas-retaining capacity and contribute to the improvement of the porous structure of the material. In the complex, the experimental results suggest that on the basis of secondary particulate limestone and lime waste will be getting a solid cellular material hardening due to forced carbonation – aerated carbonate.

Key Words: Waste limestone, lime, lime-cement binder, aerated concrete mix, aerated concrete, aerated carbonate.

Введение. В современном индустриальном строительстве ощущается огромная потребность в легких строительных теплоизоляционных материалах. Изделия из ячеистого бетона применяются во многих странах с различными климатическими условиями. В последнее время и в Украине наблюдается значительный рост популярности ячеистого бетона. Объемы его производства уже приближаются к 2 млн. м³ в год.

В качестве наполнителя для получения ячеистых бетонов обычно используются кварцевый песок, золы ТЭС и шлаки. Ограниченное применение в производстве ячеистого бетона зол ТЭС и шлаков обусловлено неоднородностью их химического состава.

На данный момент весьма актуальным является вопрос расширения сырьевой базы для получения пено- и газобетонов, повышение экономичности и экологичности их производства.

При разработке горных пород в карьерах и добыче природного камня в отвалах скапливается значительное количество мелких известняковых отходов. За год в отвалы поступают десятки миллионов тон отсевов дробления и камнепиления известняков.

Применение дисперсных отходов камнедробления при производстве ячеистого бетона позволит снизить себестоимость материала за счет использования попутно получаемого, не находящего в настоящее время достаточного применения, сырья и решить некоторые экологические проблемы в регионе.

Анализ публикаций. В практике производства ячеистых бетонов имеет место применение местных отходов различных производств, дисперсных отходов камнедобычи [1, 5]. Но под каждый конкретный вид вторичного сырья и технологию его обработки необходимо создавать новую структурно-фазовую теорию, с помощью которой можно решать задачи получения строительных материалов и изделий с заданным конечным комплексом свойств.

Газокарбонат представляет собой композиционный ячеистый материал на основе извести, твердение которого осуществляется за счет искусственной карбонизации системы, без применения сложного автоклавного оборудования. Новые данные о возможности организации безавтоклавного производства прочных изделий на основе известковых систем представляют большой интерес для строительства и промышленности строительных материалов.

Анализ литературных источников позволяет судить о химической активности известнякового заполнителя в системах на основе минеральных вяжущих, что в свою очередь способствует формированию прочных кристаллизационных контактов, обуславливающих повышенные технические характеристики получаемого искусственного камня [6]. Возможность использования вторичных известняковых отходов как «подложки» для ориентированной кристаллизации новообразований на поверхности известняковых частиц доказана в работе [4]. Авторами был проведен ряд экспериментов, подтверждающих тот факт, что новообразующийся карбонат кальция в некоторой степени «дублирует» свойства известнякового заполнителя, вводимого в сырьевую смесь. Группы микрометрических кристаллов кальцита образуют пространственный карбонизированный каркас, скрепляющий зерна известнякового наполнителя в единый кристаллический сросток. Было доказано, что прочность и водостойкость карбонизированных образцов на основе метаморфизированных известняков (мраморовидный известняк) выше тех же свойств образцов, полученных на основе частично перекристаллизованных осадочного происхождения (нуммулитовый известняк, известняк-ракушечник).

Цель и постановка задач. Целью настоящей статьи является обоснование применения вторичного известнякового сырья в качестве заполнителя для получения газобетона карбонизационного типа твердения путем установления

влияния вида известнякового заполнителя на пластичность газобетонной массы и процесс формирования макроструктуры ячеистого материала.

Методика исследований. Результаты и их анализ. Для определения влияния вида известняковых заполнителей на пластично-вязкие свойства газобетонной смеси и на прочностные характеристики межпорового вещества газобетона использовались наиболее распространенные для юга Украины мелкодисперсные известняковые отходы, образующиеся при камнепиленни известняков-ракушечников и дроблении мраморовидных известняков. В табл. 1 представлен химический состав исследуемых известняков.

Таблица 1

Химический состав отходов известняков, % мас.

Название наполнителя	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
Известняк-ракушечник	7,88	1,2	1,83	49,17	0,15	0,14	39,5
Мраморовидный известняк	1,9	0,68	1,57	48,08	2,54	0,67	43,8

Содержание CaCO₃ в известняках приблизительно одинаково и находится в пределах 85,8 – 87,8 %. В качестве сравнительного материала заполнителя использовали мелкий кварцевый песок херсонского месторождения. Для достижения высокой удельной поверхности, необходимой для получения правильной макроструктуры газобетона, известняковые отходы домалывали в шаровой мельнице до удельной поверхности 2500 – 4000 см²/г. Песок не измельчали, удельная поверхность его составила 500 – 600 см²/г.

Для полного представления физико-механических процессов формирования пористой структуры газобетона необходимо иметь представление о структурообразовании растворной фазы под воздействием свойств различных наполнителей. Одним из важнейших условий получения высококачественного газобетона является достижение максимально возможных значений прочности межпорового материала.

Для изучения физико-механических свойств материала межпоровых перегородок изготавливали образцы-балочки размером 40×40×160 мм из растворов на основе смешанного цементно-известкового вяжущего и исследуемых заполнителей, которые после твердения при нормальной температуре и 100 % влажности в течение 28 сут испытывали на прочность и водопоглощение. Сравнение водопотребности плотных растворов проводилось по методике определения нормальной консистенции цементно-песчаного раствора ГОСТ 310.4-81. Физико-механические свойства растворов представлены в табл. 2.

Опытные данные табл. 2 свидетельствуют, что для получения раствора необходимой консистенции на смешанном вяжущем необходимо использовать большее количество воды затворения, что вполне объяснимо в связи с высокой дисперсностью используемой извести-пушонки. При применении более высокодисперсных наполнителей водоцементное отношение также увеличивается.

Физико-механические характеристики плотных растворов

Раствор	В/Ц при распылке конуса 106 – 115 мм	Средняя плотность, ρ_0 , кг/м ³	Прочность на растяжение при изгибе, $R_{изг.}$, кг/см ²	Прочность на сжатие, $R_{сж.}$, кг/см ²	ККК, $R_{сж.}/\rho_0$	Водопоглощение по массе, %
Кварцевый песок – цемент	0,50	1950,0	7,01	87	4,46	9
Кварцевый песок – цемент/известь	0,625	1746,1	6,46	62	3,55	17,95
Известняк-ракушечник – цемент/известь	1,0	1590,9	5,58	40	2,52	21,88
Мраморовидный известняк – цемент/известь	0,8	1718,0	6,60	72	4,19	14,5

Самая высокая водопотребность смеси была при использовании известняка-ракушечника. Это обусловило и низкую среднюю плотность, что, в свою очередь, оказало негативное влияние на прочностные характеристики и показатели водопоглощения материала. Прочность образцов с кварцевым песком на смешанном вяжущем на 28 % ниже, чем у образцов на основе цемента, главным образом, из-за увеличения расхода воды и уменьшения показателей средней плотности материала. Наибольшую прочность (72 кг/см²) на смешанном цементно-известковом вяжущем показали образцы-балочки на основе мраморовидного известняка.

Низкий коэффициент конструктивного качества образцов с применением известняка-ракушечника объясняется высокой водопотребностью смеси, значительно снижающей прочностные показатели материала.

Полученные опытные данные свидетельствуют, что применение мелкодисперсных отходов камнедробления мраморовидного известняка крымского месторождения является весьма целесообразным и перспективным для получения достаточно прочного теплоизоляционного материала карбонизационного типа твердения. Растворы с применением данного наполнителя не уступают по физико-механическим характеристикам растворам на кварцевом песке, традиционно используемом в технологии производства газобетона.

Помимо структурообразования растворной фазы, прочностные характеристики готового теплоизоляционного материала в значительной степени зависят от средней плотности газобетона и «правильности» его пористой структуры.

Одними из определяющих факторов, от которых зависят средняя плотность ячеистого бетона, являются содержание порообразователя и водотвердое отношение (В/Т). Путем регулирования расхода порообразователя и воды затворения можно получать ячеистые бетоны одинаковой средней плотности, но разной пористой структуры, с различными показателями усадки, водопоглощения и морозостойкости.

Свежеприготовленный ячеистый бетон представляет собой сложную физико-химическую систему, состоящую из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Существенно важным является установленное положение о том, что при одном и том же расходе порообразователя объем газообразной фазы в ячеистых бетонах зависит от содержания жидкой фазы [2, 3]. При слишком большом и слишком малом количестве воды затворения коэффициент использования порообразователя невелик. Для газобетона с низким показателем В/Т, как правило, характерна неравномерная структура. При этом вязкое сопротивление суспензии препятствует увеличению пузырька до объема, который может занять содержащийся в нем газ при данном давлении и температуре, в результате чего материалы получают с неравномерной пористостью и пониженной прочностью. Увеличение водотвердого отношения до определенного предела ведет к улучшению пористой структуры и повышению прочности газобетона. Но при слишком высокой влажности наблюдается явление расслаивания газобетонной массы и значительные усадки.

По приведенным данным в инструкции по изготовлению изделий из ячеистого бетона СН 277-80 В/Т должно назначаться для каждого состава исходя из требований к текучести и температуре смеси. Согласно инструкции СН 277-80, при производстве ячеистых бетонов марки D400 – D600 на цементном и цементно-известковом вяжущем литьевым способом формирования рекомендуется применение смесей с диаметром расплыва по Суттарду в пределах 26 – 40 см. Подвижность газобетонной смеси зависит, как от количества воды затворения, так и от состава смешанного цементно-известкового вяжущего. В связи с этим, были проведены экспериментальные исследования, задачей которых являлось выведение зависимости расплыва бетонной смеси на основе смешанного цементно-известкового вяжущего и мелкодисперсного мраморовидного известняка от водовяжущего отношения и состава вяжущего.

Реализация поставленной задачи осуществлялась методами математического планирования эксперимента с использованием 2-х факторного ортогонального композиционного плана второго порядка. Варьируемыми факторами были приняты водовяжущее отношение (В/В), X_1 , и содержание извести в смешанном цементно-известковом вяжущем, X_2 , %. Варьируемым параметром являлся показатель текучести, Y , см, который оценивали по диаметру расплыва рабочего раствора на вискозиметре Суттарда. Содержание вяжущего в составе раствора было постоянным и составляло 60 % от массы сухих компонентов. Условия планирования эксперимента представлены в табл. 3. Для сравнения влияния мраморовидного известняка на текучесть растворных смесей был реализован аналогичный план для составов на основе кварцевого песка. Матрица планирования и экспериментальные данные расплыва цилиндра Суттарда представлены в табл. 4.

Таблица 3

Условия планирования эксперимента

Наименование фактора	Ед. изм.	Код	Уровни варьирования					Интервал варьирования
			-1,141	-1	0	1	1,141	
Водовязущее отношение		X ₁	1,1859	1,2	1,3	1,4	1,4141	0,1
Содержание извести в цементно-известковом вяжущем	%	X ₂	28,59	30	40	50	51,41	10

Таблица 4

Матрица планирования эксперимента и опытные данные диаметра расплыва водных растворов на основе цементно-известкового вяжущего и заполнителя из мраморовидного известняка и кварцевого песка

Группы точек	№ точки	Матрица планирования		Натуральные значения		Расплыв, см
		X ₁	X ₂	В/Т	Содержание извести, %	
Nф	1	1	1	1,400	50,0	38
	2	-1	1	1,200	50,0	31
	3	1	-1	1,400	30,0	46
	4	-1	-1	1,200	30,0	41
Nα	5	1,141	0	1,414	40,0	43
	6	-1,141	0	1,186	40,0	35
	7	0	1,141	1,300	51,4	37
	8	0	-1,141	1,300	28,6	45
Nσ	9	0	0	1,300	40,0	40
	10	0	0	1,300	40,0	40
	11	0	0	1,300	40,0	39
	12	0	0	1,300	40,0	39
	13	0	0	1,300	40,0	40

В результате статистической обработки полученных опытных данных (см. табл. 4) были получены уравнения регрессии зависимости консистенции смеси от исследуемых факторов:

- на мраморовидном известняке

$$Y^{M.и.} = 39,77 + 3,13X_1 - 4,09X_2 - 0,40X_1^2 + 0,07X_2^2 + 0,64X_1X_2; \quad (1)$$

- на кварцевом песке

$$Y^{K.п.} = 42,06 + 2,70X_1 - 3,96X_2 - 0,84X_1^2 - 0,20X_2^2 + 0,83X_1X_2. \quad (2)$$

Согласно уравнениям (1) и (2), увеличение содержания извести в смешанном вяжущем (X₂) снижает текучесть рабочего водного раствора, что, соответственно, для достижения необходимой пластичности газобетонной смеси требует вводить в смесь большее количество воды.

С применением в качестве наполнителя кварцевого песка водопотребность смеси снижается и для достижения необходимого значения текучести газобетонной суспензии необходимо меньшее количество воды затворения. Это связано с меньшей удельной поверхностью песка по сравнению с мраморовидным известняковым наполнителем. Так удельная поверхность песка

равна $500 - 600 \text{ см}^2/\text{г}$, в то время как для мраморовидного известняка это значение равно $2500 - 3500 \text{ см}^2/\text{г}$.

На основании полученных данных о свойствах растворной части газобетонной смеси были получены пробные образцы газобетона плотностью $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ на мраморовидном известняке и кварцевом песке с цементом. В качестве газообразователя использовали алюминиевую пудру ПАП-1, кроющая способность на воде которой составляет не менее $7000 \text{ см}^2/\text{г}$. В качестве ускорителя схватывания при применении цементного вяжущего в смесь вводилась кальцинированная сода (Na_2CO_3), для повышения щелочности системы использовали каустическую соду (NaOH). Твердение образцов протекало при одинаковых нормальных условиях. Температура и текучесть смеси была подобрана в соответствии с инструкцией СН 277-80. На рис. 1 и 2 приведена макроструктура полученных образцов.

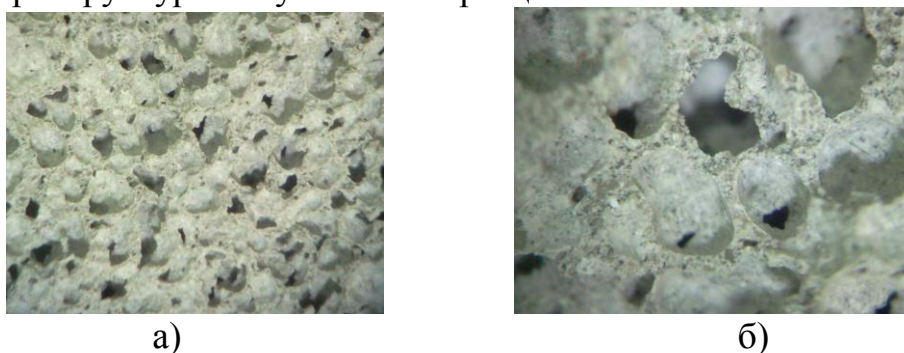


Рис. 1. Структура газобетона плотностью $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ на основе цемента и песка, увеличение: а – $\times 8$; б – $\times 28$

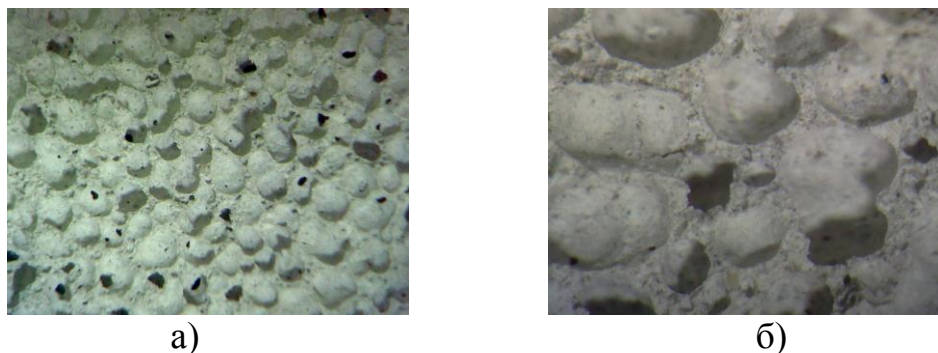


Рис. 2. Структура газобетона плотностью $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ на основе цементно-известкового вяжущего и мелкодисперсного мраморовидного известняка, увеличение: а – $\times 8$; б – $\times 28$

Структура газобетона, полученного на традиционных сырьевых компонентах (см. рис. 1), свидетельствует о малой газодерживающей способности смеси. Это может быть вызвано низкими показателями вязкопластичных характеристик растворной части и неодновременным протеканием газовыделения и нарастания пластической прочности смеси. Лучшими условиями формирования газобетона следует считать совпадение максимального газовыделения с оптимальным значением пластично-вязких характеристик. Однако, эти характеристики являются индивидуальными и при прочих равных условиях зависят от адсорбционной и сольватной природы наполнителя газобетона. Рваная структура пор газобетона с применением

кварцевого песка свидетельствует о недостаточно высоких значениях его удельной поверхности для получения ячеистого бетона низкой плотности. На рис. 1 видны крупные включения, нарушающие целостность межпоровых перегородок. Подобные дефекты макроструктуры газобетона значительно снижают его физико-механические характеристики.

Мелкодисперсный известняк, как и кварцевый песок, относится к материалам с низкой адсорбционной активностью. Однако высокая удельная поверхность наполнителя и введение в систему извести улучшили показатели вязкости смеси, тем самым повысили ее газодерживающую способность. Чем больше удерживается газа, тем лучше формируется пористая структура газобетона с равномерными, средней величины сферическими ячейками и прочными тонкими пленками-перегородками. На рис. 2 изображен газокarbonат, в газобетонной массе которого отсутствуют такие нежелательные явления для макроструктуры, как объединение пор, сообщающихся между собой и резкое их отклонение от сферической формы.

Выводы.

1. Проведенные исследования свидетельствуют о возможности получения газобетона на основе вторичного карбонатного сырья.

2. Определено, что введение в состав газобетонной смеси мелкодисперсных отходов камнедобычи мраморовидного известняка взамен кварцевого песка не оказывает негативного влияния на структурообразующие процессы растворной части газобетона. Коэффициент конструктивного качества образцов на основе смешанного вяжущего и мраморовидного известняка на 18 % выше, чем у образцов на кварцевом песке.

3. Установлено, что мраморовидный известняковый наполнитель и введение в систему извести улучшают показатели вязкости смеси, повышают ее газодерживающую способность и в результате способствует улучшению пористой структуры материала.

Список литературы

1. Качалина Н.А. Легкий автоклавный материал из местного сырья/ Качалина Н.А., Кропчева Е.Н., Легашева В.П. //Строительные материалы. – 1960. – №7. – С. 22 – 24.

2. Книгина Г.И. Значение пластичности газобетонной массы при формировании макроструктуры / Г.И. Книгина, В.Д. Загоренко //Строительные материалы. – 1966. – №1. – С. 86 – 92.

3. Курносов Э.А. Механизм образования газовых пор в растворной смеси/ Курносов Э.А., Кисилева Е.М. // Строительные материалы. – 1982. – №11. – С. 28 – 29.

4. Любомирский Н.В. Структурообразование композиционных систем на основе извести карбонизационного твердения и вторичного известнякового сырья/ [Любомирский Н.В., Бахтина Т.А., Бахтин А.С., и др.] // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов.– Дн-вск., ПГАСА. – 2012. – Вып. №65. – С. 351 – 358.

5. Трескина Г.Е. Пылевидные отходы – эффективные наполнители для неавтоклавного газобетона / Г.Е. Трескина, Ю.Д. Чистов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. – №5. – С. 10 – 11.

6. Чернышев Е.М. Портландитовые и портландито-карбонатные бесцементные системы твердения. Ч.2 / Чернышев Е.М., Потамошнева Н.Д., Кукина О.Б. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. – №5. – С. 8 – 9.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНАХ НА КАРБОНАТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ, АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: kogay_emil@mail.ru*

Аннотация. Исследована микроструктура цементного камня с зернами карбонатного заполнителя в присутствии дисперсно-армирующих волокон. Методом рентгенофазового анализа установлены особенности фазового состава портландцементного камня с базальтовым волокном. Подтверждено благоприятное влияние дисперсного армирования вступающего во взаимодействие с продуктами гидратации цемента в разные сроки твердения цементного камня.

Ключевые слова: микроструктура цементного камня, базальтовое волокно, мелкозернистый карбонатный бетон, рентгеноструктурный анализ.

Abstract. The microstructure of cement to aggregate grains of carbonate in the presence of dispersion-fiber reinforcement. By X-ray analysis of the specific features of the phase composition of portland stone with basalt fibers. Confirmed a beneficial effect of particulate reinforcement react with cement hydration products in different periods of hardening cement paste.

Key Words: microstructure of cement paste, basalt fiber, fine-grained carbonate concrete, X-ray analysis.

Введение. Цементный камень и бетон являются весьма сложными объектами исследования. Трудности их изучения обусловлены тем, что они полиминеральны по составу, и кроме того, продукты гидратации цементов, составляющие основу цементного камня и бетона, тонкодисперсны. Глубокое изучение процессов твердения и структурообразования бетона позволяет раскрыть механизм твердения цементов и действия добавок, определить состав новообразований, выявить условия формирования прочности структуры бетона.

Сопротивление строительных конструкционных материалов разрушению определяется способностью их структуры препятствовать образованию и росту трещин. Обеспечение эффективной работы изделий при эксплуатации непосредственно связано с задачами создания и получения материалов не только с более высокой прочностью, но и с меньшей хрупкостью, то есть с высоким сопротивлением развитию и распространению трещин. Эти задачи определяют современные приоритеты строительного материаловедения.

В настоящее время можно говорить о новом этапе развития науки о бетоне - этапе управляемого структурообразования и получения материала с задаваемыми свойствами благодаря детальному изучению микроструктуры бетона.

Анализ публикаций. Из многочисленных достижений науки о бетонах наиболее значительными оказались те, которые углубили представления о процессах, происходящих на микроуровне и способствующих улучшению основных характеристик бетона, - прочности, деформативности и долговечности. Среди них – научное обоснование процессов гидратации цемента и формирования его структуры в присутствии дисперсно-армирующих волокон. Прочность контактной зоны и сцепления зерен заполнителя с цементным камнем играют исключительно важную роль в формировании структуры и свойств бетонов. Применение базальтового волокна позволяет модифицировать структуру цементного камня на микроуровне с целью придания бетону свойств, обеспечивающих высокую эксплуатационную надежность конструкции.

Высокая адгезия цементного вяжущего и заполнителя определяется многими факторами, которые в совокупности влияют на строение и свойства контактной зоны и величину сцепления. Относительная роль каждого фактора оценивается различными учеными по-разному.

По мнению И. Фаррана [4], между цементным камнем и заполнителем существуют три вида связи: а) механическое сцепление за счет неровностей поверхности заполнителя; б) ионная связь за счет прорастания решеток цементного камня и заполнителей; в) капиллярная связь, обусловленная наличием жидкой фазы на границе цементный камень-заполнитель. Если устранить механическое сцепление (путем полировки поверхности), то останется сцепление второго (ионная связь) и третьего (капиллярная связь) родов. Сцепление с известняком и кальцитом осуществляется, по мнению Фаррана, в результате взаимного структурного прорастания цементного камня и заполнителей, что было подтверждено структурным анализом контактной зоны. Петрографический анализ показал, что в случае применения карбонатных пород в зоне контакта образуется помимо обычных кристаллогидратов новообразования типа 3CaO , Al_2O_3 , CaCO_3 , $n\text{H}_2\text{O}$.

Исследования В.Ф. Журавлена и Н.П. Штейера [3] показали, что величина сцепления между вяжущим и заполнителем обуславливается не только механическими факторами, но и физико-химическими процессами и образованием в контактной зоне кристаллогидратов.

В опытах А.К. Шрейбера, Г.И. Горчакова и Л.И. Абрамова [5] сцепление цементного раствора с камнем также возрастало с увеличением пористости камня. Прочность сцепления с известняком в 1,5-1,7 раза выше, чем с гранитом.

В.И. Буй пришел к заключению, что отсос воды заполнителями приводит к повышению адгезионных сил. Определенное влияние на сцепление заполнителей с цементным камнем оказывают также объемные изменения цементного теста при твердении. Усадочные деформации приводят к ослаблению сцепления камня с заполнителями, поэтому поглощение влаги из цементного теста сухими пористыми заполнителями в первый период времени является благоприятным фактором, так как снижает фактическое водоцементное отношение, а, следовательно, – усадочные деформации цементного камня.

Результаты опытов И.И. Егорова [2], Н.Г. Ковалева [1], И.Ф. Фильченкова [4], Р.Л. Майлян и других свидетельствует о том, что сцепление цементного камня с карбонатными заполнителями значительно лучше, чем с высокопрочными заполнителями из изверженных пород.

Цель и постановка задач. Целью настоящей статьи является изучение микроструктуры контактной зоны цементного камня с зернами карбонатного заполнителя и новообразований на поверхности базальтового волокна.

Методика исследований. Для реализации поставленных задач были изготовлены образцы с базальтовым волокном на трех карбонатных заполнителях (мраморовидный, нуммулитовый и известняк–ракушечник).

В качестве сырьевых материалов для проведения экспериментальных исследований нами использованы базальтовые волокна, основные характеристики которых приведены в табл.1. В качестве вяжущего применяли портландцемент ПЦІ – 500 – Н г. Балаклея, Харьковская область, в качестве мелкого заполнителя: мраморовидный известняк ОАО карьер «Мраморный» с. Мраморное. Максимальная крупность зерен карбонатного заполнителя не превышала 5мм. Из полученного фиброраствора способом виброформования изготавливали образцы-балочки размером 4×4×16 см.

Таблица 1

Физико-механические свойства волокон

Наименование волокна	Диаметр волокна, мкм	Длина волокна, мм	Замасливатель	Влажность, %
Базальтовое волокно	18	24	T10	1
	18	12	T10	1
	18	12	Не промасленная	1

Структуру исследуемых систем изучали с помощью электронной сканирующей микроскопии на микроскопе PEM-106, SELMI.

Рентгеноструктурный анализ выполнен на дифрактометре ДРОН – 2,0.

Результаты и их анализ. Исследования, проведенные с помощью электронного микроскопа PEM – 106, SELMI при 2000-кратном увеличении, показали, что область контакта между фиброй и матрицей при разных заполнителях характеризуется плотным соприкосновением поверхностей и отсутствием трещин и зазоров (рис. 1).

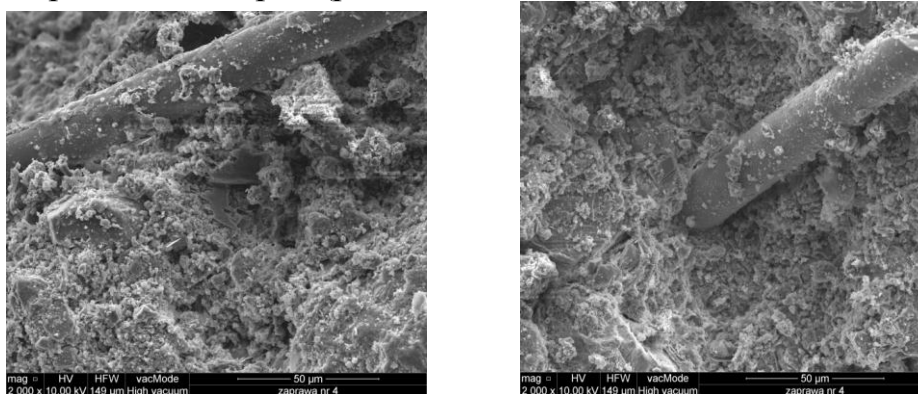


Рис.1. Микрофотографии поверхности скола цементного камня на известняках-ракушечниках с базальтовым волокном, ×2000

На поверхности самих волокон наблюдаются новообразования, представляющие собой кристаллы портландцемента (рис. 2), а частицы известнякового наполнителя сцементированы кристаллическим кальцитом CaCO_3 . В контактной зоне наполнителя с цементным камнем и волокном, видно, что цементный камень заполняет неровности поверхности зерна известняка-ракушечника, и, тем самым, увеличивает сцепление между составляющими.

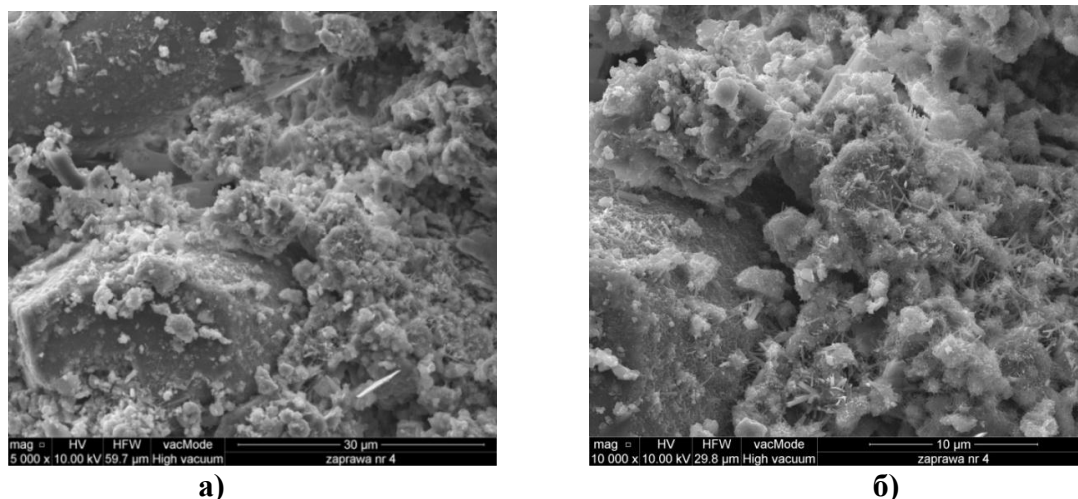


Рис. 2. Микрофотографии контактной зоны цементного камня известняка-ракушечника и базальтового волокна: а – $\times 5\,000$; б – $\times 10\,000$

На микрофотографии поверхности скола цементного камня с мраморовидным наполнителем и базальтовым волокном (рис. 3) просматривается плотное взаимное прорастание кристаллов зерен заполнителя и новообразований на поверхности базальтового волокна, что обеспечивает прочный контакт между ними.

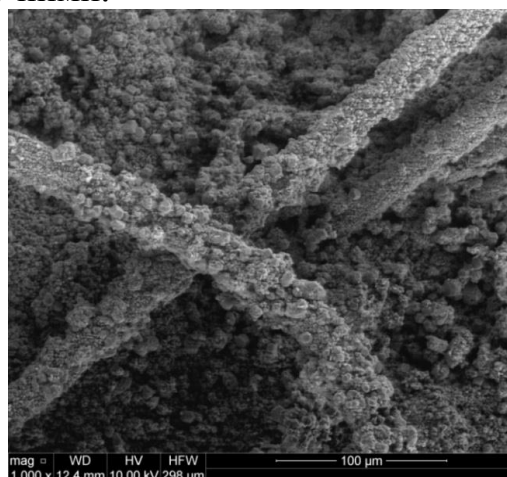


Рис. 3. Микрофотография поверхности скола цементного камня на мраморовидном заполнителе с базальтовым волокном, $\times 1000$

Плотно расположенные кристаллические отложения на базальтовом волокне имеют пентагондодекаэдровую форму (рис. 4). Данный

кристаллический сросток цементного камня возник за счет микроскопических кристаллических сростков, которые или объединяются в единый кристаллический сросток, или остаются в структуре цементного камня в виде микроскопических включений, разобренных тоберморитовым гелем. В тоберморитовом геле дисперсной фазой являются субмикрористаллы гидросиликатов кальция, образующиеся при гидратации силикатных фаз портландцементного клинкера.

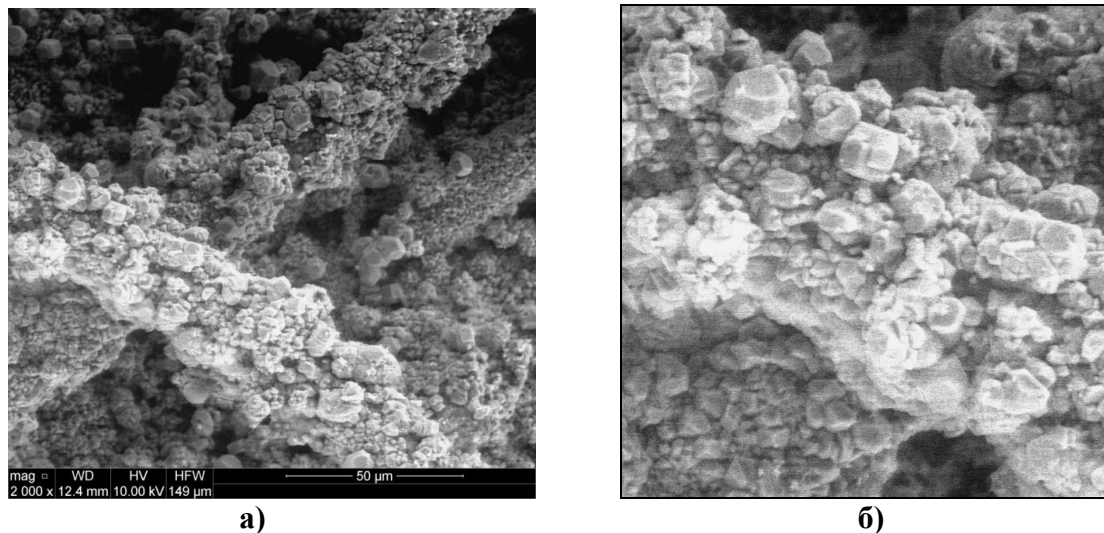
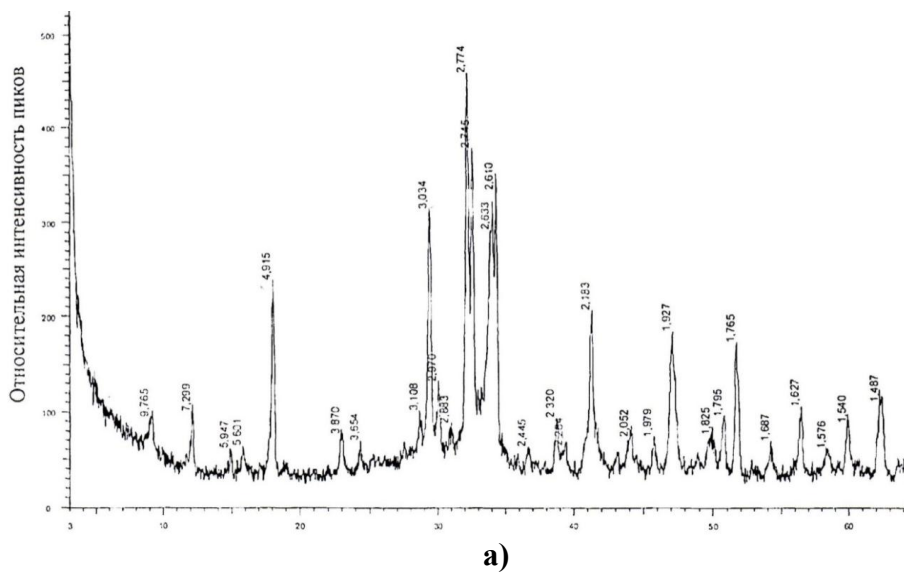


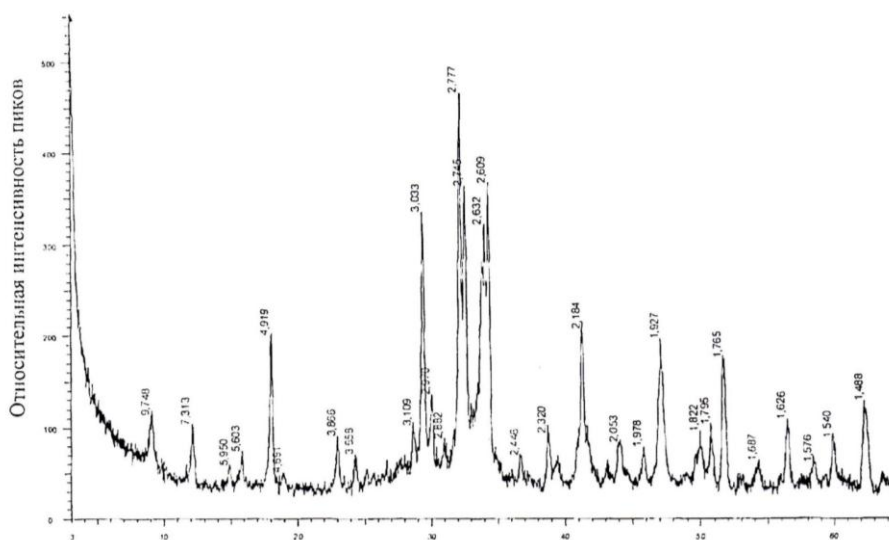
Рис.4. Микрофотографии поверхности базальтового волокна, x2000:

а – кристаллические отложения на базальтовом волокне;

б – пентагондодэкаэдровая форма кристаллов

Идентификацию новообразований, возникающих в цементном камне с базальтовым волокном, проводили с помощью рентгенофазового анализа. Исследованию подвергались образцы портландцементного камня без добавки волокон и с базальтовым волокном в возрасте 1 и 28 сут. твердения. Рентгенограммы представлены на рис. 6 и 7.



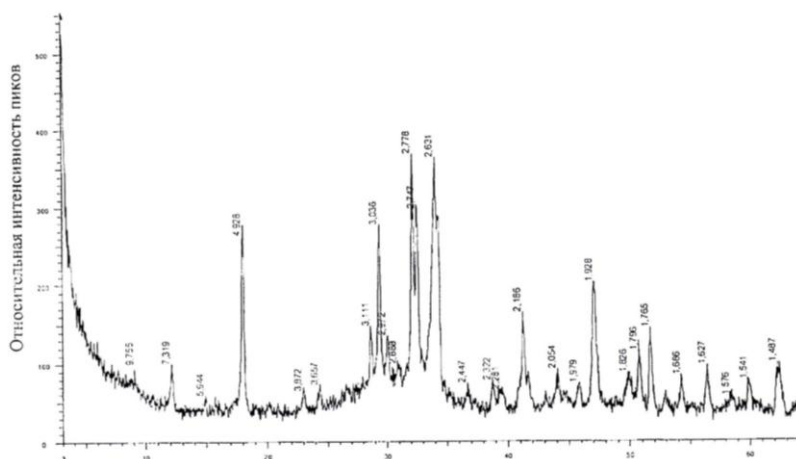


б)

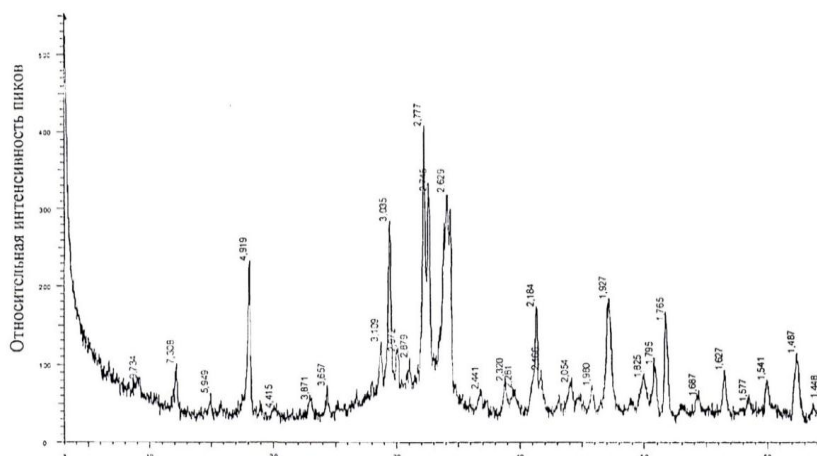
Рис. 6. Рентгенограмма продуктов гидратации портландцементного камня в возрасте 1 сут: а – без дисперсных волокон; б – с базальтовым волокном

Рентгенофазовый анализ показал, что фазовый состав опытных образцов представлен в основном как негидратированными минералами портландцемента C_3S ($d = 1,765$), C_2S ($d = 2,883$), C_4AF ($d = 2,053$), C_3A ($d = 2,702$), так и гидратными минералами цементного камня (портландит $Ca(OH)_2$, этtringит $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$, двухкальциевый гидросиликат $Ca_2SiO_4 \cdot nH_2O$ и др.).

Рентгенограммы цементного камня с базальтовыми волокнами отличаются от рентгенограмм образцов цементного камня меньшей интенсивностью дифракционных максимумов портландцемента и более интенсивными дифракционными максимумами ПЦ минералами алита с белитом ($C_3S + C_2S$). В среднем интенсивность пиков $Ca(OH)_2$ портландцементного камня с базальтовым волокном по сравнению с цементным камнем без базальтовых волокон снижается в 1,2 раза, а интенсивность пиков $C_3S + C_2S$ возрастает в 1,5 раза, что свидетельствует о влиянии добавки базальтовых волокон на замедление процессов гидратации портландцемента.



а)



б)

Рис. 7. Рентгенограмма продуктов гидратации портландцементного камня в возрасте 28 сут: а – без дисперсных волокон; б – с базальтовым волокном

Выводы.

1. Исследования поверхности базальтового волокна с помощью электронной микроскопии, показал отсутствие или частичную деградацию волокон работающих в агрессивной среде портландцемента. Установлено, что за счет частичного разрушения волокна с образованием раковин на её поверхности, прочность сцепления камня и волокна увеличивается.

2. Методом рентгенофазового анализа установлены особенности фазового состава портландцементного камня с базальтовым волокном. Установлено, что материал дисперсных волокон вступает во взаимодействие с продуктами гидратации цемента так, что базальтовое волокно, как на 1, так и на 28 сут поглощает портландит. В среднем интенсивность пиков $\text{Ca}(\text{OH})_2$ портландцементного камня с базальтовым волокном относительно состава без базальтового волокна снизилась в 1,2 раза, а интенсивность пиков $\text{C}_3\text{S}+\text{C}_2\text{S}$ возросла в 1,5 раза, что свидетельствует о влиянии добавки базальтовых волокон на замедление процессов гидратации портландцементных минералов.

Литература

1. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях / Маилян Р.Л. – Ростов.: Изд-во ростов. ун-та, 1967. – 272 с.
 2. Егоров И.И. О сцеплении цементного камня с поверхностью щебня и гравия / Егоров И.И. // Вестник Военно-инженерной академии им. Куйбышева.– М.: ВИА им. Куйбышева. – 1952. – вып. 65.
 3. Журавлев В.Ф. Сцепление цементного камня с разными материалами / В.Ф. Журавлев, Н.П. Штейнер // Цемент. – 1952. – № 5. – С.17 – 19 .
 4. Farrain I. Contribution minéralogique a l'étude de L'adhérence entre les constituants hydrates des ciments et les matériaux enrobés / Farrain I. // Revue des matériaux de construction et travaux publics. – 1956. – № 490. – Р. 491 – 492.
- Шрейберг А.К. Влияние породы и состояния камня на его сцепление с бетоном / Шрейберг А.К., Горчаков Г.И., Абрамов Л.И. // Изв. ВНИИГ. – Л.-М.: ВНИИГ. – 1962. – т. 71.

ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ – НАЧАЛО НАУКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь

Аннотация. Предлагается более полное и обязательное обучение графическому моделированию на всех уровнях и этапах обучения не только будущих архитекторов и инженеров, но и всех других учащихся как самому наглядному, разнообразному, понятному и естественному средству общения людей.

Ключевые слова: модель, графическая модель, чертеж, изображение, компьютерная графика, техническое творчество, система.

Постановка проблемы. В трудное, но очень интересное время мы живем: появляются и выявляются все новые и новые факты и факторы нашей жизни, как на земле, так и во всех ее окрестностях. Мы пытаемся познать все эти системы (рис.1–3). Природа является необходимой средой существования общества. Она дает материалы, энергию, естественные пути сообщения, пищу, воду, воздух и другое необходимое для жизнедеятельности людей [1].



Рис.1

Анализ последних исследований. Наша инженерная и научная деятельность также одна из подсистем общественной жизни на Земле – материального производства (рис.2). Главная задача науки – познавать законы природы и предвидеть их последствия от возможных нарушений. Их вокруг нас достаточно, созидать лучше разумно, без отрицательных последствий во всех сферах нашей жизни [1]. Все объекты вокруг нас принято делить на две категории: естественные, то есть природные и искусственные, созданные людьми как результат преобразования естественных. Созданию последних всегда предшествует проектирование и конструирование. Это сложный творческий мыслительно-действенный процесс, завершающийся исполнением проекта создания объекта (рис.3).

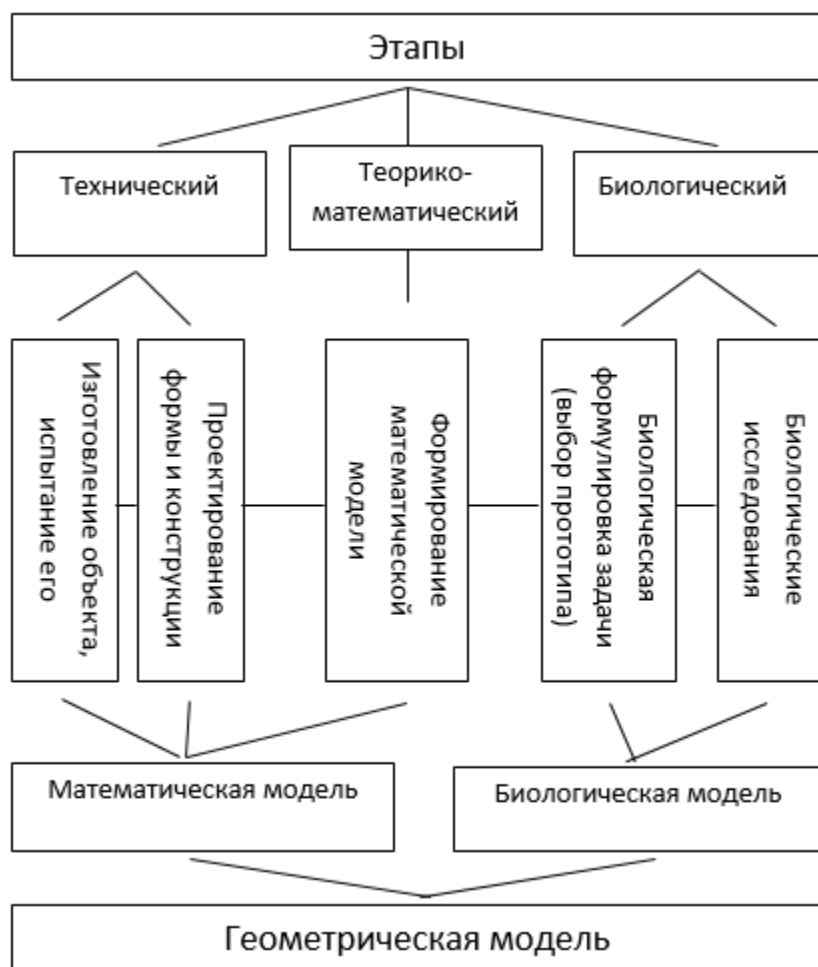


Рис.2

Основная часть. Конечная часть действий инженера-конструктора – создание объекта: здания, сооружения, узла, детали, механизма, машины. Оно сопровождается решением ряда задач: обеспечение прочности и износоустойчивости объекта, технологичности, наименьшей массы и др. Решение этих задач во многом зависит от придания объекту рациональных геометрических форм (рис.4). Основой всей системы создания объекта служат чертежи – графические модели [2-4]. Начало чертежу также дала природа: свет и тень от человека – рисунок; облака – рисунок; камни и скалы – рисунок... нам осталось его повторять, развивать, применять как средство общения между собой. Пошли планы на земле, пергаменте, дереве, холсте, бумаге и т.д. показывая форму, конструкцию, размер объектов. Чертеж – это графическая модель понимания и научного представления объекта. Он несет в себе информацию о пространственной структуре создаваемого объекта как системы, о его реальной форме, позиционных и метрических свойствах.



Рис.3

Процесс получения графических моделей есть процесс отображения пространства на плоскость. Такие модели должны быть наглядны, однозначны, рациональны, просты и точны. Для изображения объектов на плоскости используют: перспективу, рисунок, аксонометрию, технический рисунок, прямоугольные проекции.



Рис.4

Основу всех графических моделей составляют геометрические фигуры. Какую бы сложную форму и конструкцию не имел объект, конструктор выполняет ее как систему простейших геометрических фигур или их частей. Форма существенно влияет на технологический процесс изготовления объекта. Существуют следующие основные типы изображений на чертежах, как проектно-конструкторских документах: виды, разрезы, сечения, размеры, обозначения, надписи. Особую сложность исполнения и чтения вызывают последние – искусственные способы выявления внутреннего устройства объектов. Они подчеркивают творчество в процессе конструирования. Особенно это заметно при чтении чертежей изготовителем. Он выполняет процесс созидания в обратном порядке, полностью учитывая реальные условия изготовления [2,4]. Как сказано выше, меняются возможности и условия процесса получения изображений: традиционное ручное заменяется машинным в разных режимах – оперативном и пакетном. Меняются и методы использования графических моделей и их возможности. Начало, базу обучения работе с формой и конструкцией может дать только сочетание “ручных” изображений, их моделей, склеенных из разверток, с их показом на компьютере. Только компьютерная графика или линейка и циркуль недопустимы нигде. Критерием служит паспорт специальности, задачи, методы и методики обучения, выполнения работ.

Выводы и перспектива. Разумное сочетание машинного и “ручного” со здоровым интересом к формообразованию дает хорошие результаты не только в обучении, но и при выполнении реальных графических моделей и их использовании. В детском саду – рисуем, в школе – рисуем, технически – рисуем, строим прямоугольные проекции геометрических фигур и деталей. Тогда в высшую школу, особенно техническую, поступают абитуриенты, подготовленные к занятиям творчеством (рис.4). Геометрия одна. Она изучает форму плоских и пространственных объектов, создание из них различных конструкций, удовлетворяющих заданным условиям. Ветвей у нее две: теоретическая и практическая. Вторая ставит задачи, первая их решает. В настоящее время все это объединилось в понятие “геометрическое моделирование объектов и процессов”. Конкретное название и содержание отдельных исследований и результатов определяет поставленная задача, авторы постановки и полученных результатов. Прикладное значение и соответствующие примеры можно рекомендовать в школьные курсы математики.

Литература

1. Авдоньев Е.Я. “Человек и природа – о системе жизни на Земле” К.: УМК ВО 1992, - 64 с.
2. Авдоньев Е.Я. “Конструирование форм современных машин, аппаратов и сооружений” К.; Одесса: “Лыбидь”, 1990. – 154 с.
3. Арцишевский Р.А. “Человек и общество” К.; Ирпень: ВТФ “Перун”, 2008. – 432 с.
4. Дитрих Я. “Проектирование и конструирование: системный подход” М.: Мир, 1981. – 456 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ МИКРОРАЙОНОВ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: tim4enko.zin@yandex.ru*

Аннотация. Показано, что в случае городского микрорайона оптимальным оказался полиэтиленовый газопровод среднего давления с трубопроводами постоянного сечения, стоимость которого меньше стоимости наилучшего варианта стального газопровода среднего давления на 33,1%. При этом полиэтиленовому газопроводу соответствует меньший срок строительства на 28,6%, меньшая трудоёмкость строительно-монтажных работ на 34%, ниже срок окупаемости затрат на 32,6% и больший срок эксплуатации в 2,5 раза (50 и 20 лет).

Ключевые слова: городской газопровод, среднее и низкое давление газа, стальные и полиэтиленовые трубы.

Введение. СП 42-101-2003 [1] требует, чтобы при проектировании систем газоснабжения предусматривались технические решения, обеспечивающие рациональное использование газового топлива, материалов и оборудования. Оптимизация систем газоснабжения предусматривает технико – экономическое сравнение различных вариантов и выбор варианта, обладающего наилучшими показателями. Полиэтиленовые газопроводы следует предусматривать на территории городов - давление до 0,3 МПа (среднее давление). Поэтому при сравнении вариантов следует ориентироваться на стальной и полиэтиленовый газопроводы при низком и среднем давлении.

Анализ публикаций. В работе [2,3] для жилого массива рекомендуется проектировать газопроводы как низкого, так и среднего давления. В [3] отмечается возможность проектирования полиэтиленового газопровода. Однако рекомендации по выбору давления газа и материала газопровода отсутствуют. В работе [4] показаны преимущества проектирования полиэтиленового газопровода в сельской местности. В работе [5] показаны значительные технико-экономические преимущества сельского полиэтиленового газопровода среднего давления по сравнению со стальным газопроводом такого же давления. Аналогичные исследования применительно к городскому газопроводу отсутствуют. Отметим, что в сельской местности минимальный проходной диаметр газопровода 40мм, в случае же городского газопровода – 50мм. Таким образом, для городского газопровода минимальный диаметр для стали 57х3 мм х мм, для полиэтилена 63х3.6 мм х мм (низкое давление) и 63 х 5,8 мм х мм (среднее давление). Срок эксплуатации стального газопровода 20 лет, а полиэтиленового газопровода 50 лет, т. е. в 2,5 раза больше. Полиэтиленовый газопровод не подвержен коррозии, как стальной газопровод, и в нём не происходит зарастание внутреннего диаметра, всё это увеличивает срок эксплуатации полиэтиленового газопровода.

Цель и постановка задач. Целью является рассмотрение вопросов оптимизации параметров газопровода городского микрорайона. Задачи состоят

в проведении проектных проработок вариантов газоснабжения реального городского микрорайона средним и низким давлением газа при использовании различных типов газопроводов со стальными или полиэтиленовыми трубами.

Методика исследования. Методика исследования заключается в проектной проработке газификации городского микрорайона с газопроводом в вариантах среднего и низкого давления газа, со стальными и полиэтиленовыми трубами.

Результаты и их анализ. В качестве городского микрорайона выбран микрорайон с площадью 5,75 га и населением 798 чел., проживающим в 15-ти двух, трёх, четырёх и пятиэтажных коммунальных и в девяти частных домах. Газопровод городского микрорайона имеет длину 2,3 км. В соответствии с работой [6] необходимое потребление газа населением с численностью менее тысячи человек, рассчитанное по методу [2], дало значение 69,45 м³/ч, в то время как распространённый менее точный способ [1] даёт величину, меньшую на 18%, что может привести к недополучению газа населением.

Рассмотрены газопроводы стальные и полиэтиленовые:

при низком давлении газа с трубопроводами переменного сечения [2,3] и постоянного сечения [7];

при среднем давлении с трубопроводами постоянного сечения (расчёты показывают, что при среднем давлении в данном случае трубопровод переменного сечения сводится к трубопроводу постоянного сечения).

Результаты определения строительных затрат по указанным вариантам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Стоимость стальных и полиэтиленовых труб и их прокладки

Давление	Низкое									Средне	
	сталь					полиэтилен				сталь	полиэт
Тип газопровода	переменного сечения			постоян. сечения		перемен. сечения		пост. сеч.	постоян. сечения		
дн s	83x3	76x3	57x3	76x3	57x3	75x4,3	63x3,6	63x3,6	57x3	63x5,8	
Длина, м	200	500	1600	1200	1100	600	1700	2300	2300	2300	
Стоимость 1м трубы, руб.	154,5	138	82,8	138,0	82,8	112,2	54,0	54,0	82,8	69,0	
Стоимость трубы, тыс. руб.	30,9	69,0	132,5	165,5	91,1	67,3	91,8	124,2	190,5	158,7	
Стоимость прокладки 1м трубы, руб.	408	378	247,5	378	247,5	319,6	157,5	157,5	247,5	165	
Стоимость прокладки трубы, тыс. руб.	81,6	189	396	453,6	272,3	191,8	267,9	362,3	569,3	379,5	
Всего, тыс. руб.	112,5	258	528,5	619,1	363,4	259,1	359,7	486,5	759,8	538,2	
Итого, тыс. руб.	899			982,5		618,2		486,5	759,8	538,2	

Стоимость труб определена по данным интернета, стоимость прокладки труб рассчитана по [8] при коэффициенте пересчёта 87,9.

Для определения затрат на газификацию микрорайона к строительным затратам стального газопровода следует добавить стоимость катодной защиты 45 тыс. руб. В случае низкого давления добавляется стоимость сетевого ГРП – 180 тыс.руб. Полученные затраты на газификацию приведены в табл. 2.

Таблица 2

Затраты на газификацию микрорайона

Давление	Низкое				Среднее	
	сталь		полиэтилен		сталь	полиэт.
Материал	перемен. сечение	постоян. сечение	перемен. сечение	постоян. сечение	постоянное сечение	
Тип газопровода	перемен. сечение	постоян. сечение	перемен. сечение	постоян. сечение	постоянное сечение	
Затраты, тыс. руб.	1124	1207,5	798,2	666,5	804,5	538,2

Из табл.2 следует, что в случае стального газопровода из всех вариантов наименьшие затраты соответствуют газопроводу среднего давления (804,5 тыс. руб.); это ниже, чем затраты стального газопровода при низком давлении с трубопроводом переменного сечения (1124 тыс. руб.) на 28,4%. При полиэтиленовом газопроводе наименьшие затраты также соответствуют среднему давлению (538,2 тыс. руб.), что меньше затрат газопровода низкого давления с трубопроводами постоянного сечения (666,5 тыс. руб.) на 19,2%. Меньшие затраты газопроводов среднего давления по сравнению с низким давлением объясняется меньшими диаметрами трубопроводов при меньшей номенклатуре труб (см. табл.1). Полиэтиленовый газопровод среднего давления оказывается дешевле стального газопровода тоже среднего давления на 33,1%.

Следует отметить, что при среднем давлении на домах должны устанавливаться ШРП, понижающие давление от среднего до низкого, необходимого для жилых домов. Стоимость ШРП и их монтажа оплачивают жильцы дома так же, как и счётчиков расхода воды, газа и электричества.

Для дальнейшего анализа примем наименее дешёвые полиэтиленовый и стальной газопроводы среднего давления. С целью оценки трудоёмкости и срока монтажа газопроводов и срока окупаемости затрат были сверстаны календарные планы строительства газопроводов и проведены экономические расчёты. Сравнение полученных результатов позволило уточнить преимущества полиэтиленового газопровода, приведенные в табл.3.

Таблица 3

Преимущества полиэтиленового газопровода среднего давления перед стальным газопроводом среднего давления

№ п/п	Показатели	Преимущества
1	Затраты на строительство	33,1%
2	Трудоёмкость строительства	34,0%
3	Срок строительства	28,6%
4	Срок окупаемости затрат	32,6%
5	Срок эксплуатации	2,5 раз (50 и 20 лет)

Табл.3 показывает, что по всем показателям полиэтиленовый газопровод среднего давления имеет преимущества перед наилучшим стальным газопроводом среднего давления. Поэтому полиэтиленовый газопровод среднего давления может быть рекомендован для городского микрорайона.

В табл.4 приведены сводные данные по преимуществу полиэтиленового газопровода в части затрат на строительство, которые определяют остальные показатели, кроме срока эксплуатации.

Таблица 4

Преимущества полиэтиленового газопровода перед стальным газопроводом по затратам на строительство (в процентах)

Давление		
низкое	среднее	высокое
40,7 (данная статья)	33,1 (данная статья)	44,3 [10]
42 [4]	32,1 [5]	
11,7 [5]	26,8 [9]	
22,8 [10]	41,5 [10]	

Из табл.4 следует, что численное преимущество полиэтиленового газопровода, видимо, определяется, помимо давления, конструктивными характеристиками газопровода.

Выводы.

1. При оптимизации систем газоснабжения городских микрорайонов целесообразно рассматривать газопроводы стальные и полиэтиленовые с трубопроводами переменного и постоянного сечения, при низком и среднем давлении.

2. Рассмотренные варианты для конкретного городского микрорайона выявили, что оптимальным является полиэтиленовый газопровод среднего давления, который имеет преимущества перед наилучшим стальным газопроводом среднего давления: по затратам на строительство 33,1%, по трудоёмкости и сроку строительства 34,0% и 28,6%, по сроку окупаемости затрат 32,6%. При этом срок эксплуатации полиэтиленового газопровода в 2,5 раза больше, чем стального.

3. При среднем давлении на домах следует устанавливать ШРП, понижающие давление от среднего до низкого, необходимого для жилых домов. Стоимость ШРП и их монтажа оплачивают жильцы дома так же, как и стоимость счётчиков расхода воды, газа и электричества.

4. Численное преимущество полиэтиленового газопровода, видимо, определяется, помимо давления, конструктивными характеристиками газопровода.

Список литературы

1. СП 42-101-2003. Общие требования по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. Стандарт РФ.
2. Ионин А.А. Газоснабжение / Ионин А.А. – М.: Стройиздат, 1989. - 439с.

3. Єнін П.М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом / Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М.. – К.: Логос. 2002. – 198 с.
4. Техніко–економічна оцінка використання поліетиленових труб при проектуванні газової мережі в сільській місцевості / Боровський Б.І., Атрощенко С.Ю.// Стrojительство и техногенная безопасность. -- Симферополь: НАПКС. -2012. – Вып.43. - С.111- 115.
5. Техніко–економічне порівняння розподільного газопроводу низького і середнього тиску в населеному пункті сільської місцевості / Боровський Б.І., Баранова Г.Н.// Стrojительство и техногенная безопасность. -- Симферополь: НАПКС. -2013. – Вып.47. - С.124-129.
6. Визначення годинного витрату газу для господарсько-бутових потреб в окремих будинках за чисельності населення менше тисячі осіб//Б.І. Боровський, Баранова Г.Н.// Стrojительство и техногенная безопасность.-Симферополь: НАПКС.-2013.- Вып.46.- С.100-104.
7. Можливість виконання гілок тупикових газопроводів низького тиску з постійним діаметром / Боровський Б.І., Лапіна Е.А. // Стrojительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС.-2010. – Вып. 32. - С. 180 – 185.
8. Справочник по водопостачанню і каналізації міських і сільських поселень (к СНиП 2.07.01-89)—М.: ЦИТП, 1992. — 56 с.
9. Перший в країні поліетиленовий газопровід запустили в Донбасі / Коник А. //Комсомольська правда в Україні – 2010 – 12.10.
10. Використання високого тиску в поліетиленовому газопроводі населеного пункту в сільській місцевості / Боровський Б.І., Зорин А.М. // Стrojительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС.-2013.- Вып. 49.-С.93-98.

ГИПОТЕЗА О СООТВЕТСТВИИ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ АКСОНОМЕТРИИ ИЗДЕЛИЯ ОБЩЕМУ ПОДХОДУ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина
email: brailov@gmail.com

Аннотация. В настоящей работе выявлена суть проблемы доказательства справедливости разработанного алгоритма для бесконечного количества видов аксонометрий. Определено необходимое условие разрешения рассматриваемого противоречия. Для обоснования возможности разрешения выявленного противоречия предложена гипотеза о соответствии алгоритмов различной степени общности. Выполнен сравнительный анализ содержания и структур алгоритма построения аксонометрии изделия и алгоритма общего подхода к решению типовых геометрических инженерных задач.

Постановка проблемы. Государственный стандарт СССР (ГОСТ 2.317-69) определяет пять видов аксонометрических проекций: прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная изометрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия [1–12].

Используя различные сочетания элементов аппарата аксонометрического проецирования, можно создать бесконечное количество видов аксонометрий.

В результате теоретических исследований и практического конструирования предложен алгоритм построения аксонометрии изделия [7].

Суть *противоречия* (проблема) заключается в том, что за реальный конечный промежуток времени проверить справедливость разработанного алгоритма для бесконечного количества видов аксонометрий практически невозможно.

Тем не менее, для решения типовых геометрических инженерных задач: позиционных, метрических, построения развертки – разработан общий подход [5, 6].

Поскольку построение аксонометрии изделия также является типовой геометрической инженерной задачей, то необходимым условием устранения имеющегося противоречия является *сравнительный анализ* алгоритма построения аксонометрии изделия [7] и алгоритма общего подхода к решению типовых геометрических инженерных задач [5, 6].

Анализ исследований и публикаций. Содержание и структура алгоритма построения аксонометрии изделия [7] и алгоритма общего подхода к решению типовых геометрических инженерных задач [5, 6] обсуждены на международных научно-практических конференциях и опубликованы.

При этом сравнительный анализ этих алгоритмов не выполнен.

Для обоснования возможности разрешения выявленной проблемы предлагается *гипотеза* о соответствии алгоритма построения аксонометрии изделия общему подходу решения типовых геометрических задач.

Подтверждение истинности предложенной гипотезы есть необходимое условие применения алгоритма для построения аксонометрии изделия в бесконечном множестве видов аксонометрических проекций.

Цель и задачи статьи. Цель настоящей статьи — обосновать возможность применения разработанного алгоритма для построения аксонометрии изделия в бесконечном множестве видов аксонометрических проекций. Такой алгоритм поможет инженерам глубже понять геометрическую суть явления и эффективнее решать новые практические задачи.

Задачей статьи является выполнение сравнительного анализа содержания и структур алгоритма построения аксонометрии изделия [7] и алгоритма общего подхода к решению типовых геометрических инженерных задач [5, 6, 12].

Основная часть. Разработанные алгоритмы построения аксонометрии изделия и общего подхода имеют одинаковую структуру и состоят из подготовительного нулевого этапа и семи основных этапов (Рис. 1).

Одинаковая структура алгоритмов построения аксонометрии изделия и общего подхода позволяет выполнить сравнительный анализ их содержания.

При описании этапов алгоритма построения аксонометрии перед порядковым номером этапа размещается буква "А". При описании алгоритма общего подхода к номеру этапа присоединяется буква "О".

А0. Подготовительный нулевой этап построения аксонометрии.

Выполняется геометрический анализ двухмерной модели (проекционного чертежа) изделия или трехмерных изображений (фотографий) прототипа. Геометрический анализ изделия заключается в определении его характерных тел (шар, цилиндр, конус, призма, пирамида и т. д.), поверхностей (сфера, геликоид, цилиндрикоид, коноид и т. д.), плоскостей, ребер, точек.

Определяется наиболее приемлемый к выделенным конструктивным особенностям изделия вид аксонометрии или выбирается один из стандартных видов аксонометрических проекций. Выбор стандартного вида аксонометрии обосновывается.

К конструкторским базам изделия привязывается первичная ортогональная система $Oxuz$ координат отнесения объекта [6].

Если изделие симметрично, то целесообразно начало O первичной ортогональной системы $Oxuz$ координат совместить с точкой пересечения осей симметрии. Как правило, точка пересечения осей симметрии выбирается в качестве одной из возможных конструкторских баз.

Если основанием изделия является плоскость, то целесообразно с основанием совместить координатную плоскость Oxy .

На аксонометрической (картинной) плоскости проекций Π' изображается вторичная система $O'x'y'z'$ координат. Взаимное расположение аксонометрических осей координат $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ соответствует выбранному виду аксонометрии.

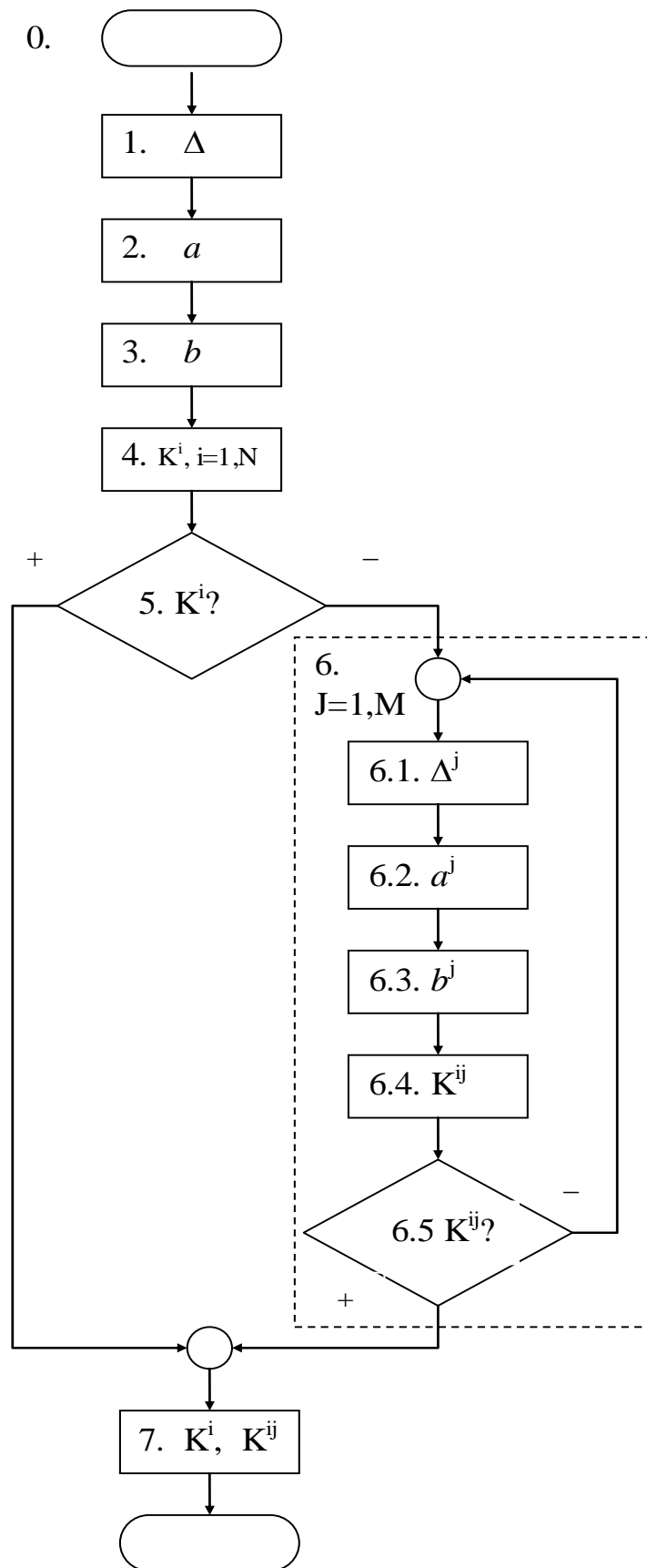


Рис. 1. Схема алгоритмов построения аксонометрии изделия и общего подхода.

О0. Подготовительный нулевой этап общего подхода к решению типовых геометрических инженерных задач.

Выполняется геометрический анализ двумерной модели (проекционного чертежа) изделия или трехмерных изображений (фотографий) прототипа. Анализируется корректность постановки типовой геометрической инженерной задачи.

Таким образом, содержания подготовительного этапа обоих алгоритмов, по сути, соответствуют.

А1. В комплексном проекционном чертеже (или фотографии прототипа) выделяется ортогональная проекция Δ (вид спереди, вид сверху, вид слева и т. д.), содержащая максимальную информацию о конструктивных особенностях изделия (отверстия, бобышки, лыски, фаски, канавки и т. д.).

Ортогональная проекция с максимальным количеством изображений конструктивных элементов не обязательно является видом спереди. По определению вид спереди дает "наиболее полное представление о форме и размерах предмета" [9]. Построение аксонометрии облегчается, если его начинать с изображения ортогональной проекции, отражающей наибольшее количество конструктивных элементов изделия.

Количество рассматриваемых ортогональных плоскостей проекций при построении аксонометрии, как правило, равно трем — $j = 0, 1, 2$.

Счетчику j рассматриваемых ортогональных плоскостей проекций Δ^j , $j=0, M$ присваивается первое значение ноль — $j=0$. Число M принадлежит множеству натуральных чисел.

О1. Таким образом, действительно, на первом этапе решения типовой геометрической задачи *определяется вспомогательный образ Δ* , которым, при построении аксонометрии, является ортогональная проекция с изображениями максимального количества конструктивных элементов в первичной системе $Oxuz$ координат отнесения объекта [6].

А2. Выполняется *геометрический анализ* ортогональной проекции Δ с максимальным количеством изображений конструктивных элементов с целью определения характерных геометрических образов (окружностей, дуг, отрезков прямых линий, точек).

Для построения аксонометрии характерных геометрических образов выделяются их *характерные точки* $K^i(K_1^i, K_2^i, K_3^i)$, $i=1, N$. Число N принадлежит множеству натуральных чисел. Например, аксонометрическую проекцию отрезка прямой линии можно построить по двум характерным точкам $K^i(K_1^i, K_2^i, K_3^i)$, $i=1, 2$.

Для каждой характерной точки $K^i(x^i, y^i, z^i)$, $i=1, N$ анализируемой ортогональной проекции Δ определяются её *первичные координаты* x^i, y^i, z^i , $i=1, N$.

О2. Таким образом, на втором этапе решения типовой геометрической задачи для вспомогательного образа Δ *выполняется первая группа вспомогательных действий a* , в результате которых определяются *первичные координаты* x^i, y^i, z^i , $i=1, N$ характерных точек изделия.

А3. На третьем этапе построения аксонометрии изделия с помощью натуральных коэффициентов искажения k_x, k_y, k_z для координатных осей Ox, Oy, Oz определяются *вторичные аксонометрические координаты* x'_K, y'_K, z'_K аксонометрической проекции K' по первичным ортогональным координатам x_K, y_K, z_K точки $K^i(x^i, y^i, z^i), i=1, N$:

$$x'_K = k_x \cdot x_K, \quad y'_K = k_y \cdot y_K, \quad z'_K = k_z \cdot z_K.$$

Результатом *b* третьего этапа для задачи построения аксонометрии являются *вторичные аксонометрические координаты* x'_K, y'_K, z'_K для каждой характерной точки — $(K'(x'_K, y'_K, z'_K))^i, i=1, N$.

О3. Таким образом, на третьем этапе решения типовой геометрической задачи для вспомогательного образа Δ выполняется *вторая группа вспомогательных действий b*, в результате которых определяются *вторичные аксонометрические координаты* $(x'_K, y'_K, z'_K)^i, i=1, N$ характерных точек $K^i(x^i, y^i, z^i), i=1, N$ изделия.

А4. *Строятся аксонометрические проекции характерных точек* — $(K'(x'_K, y'_K, z'_K))^i, i=1, N$.

Соединением тонкой линией *аксонометрических проекций* $(K'(x'_K, y'_K, z'_K))^i, i=1, N$ характерных точек $K^i(x^i, y^i, z^i), i=1, N$ выделяются построенные проекции геометрических образов, принадлежащих ортогональной проекции Δ изделия.

Результатом четвертого этапа являются *аксонометрические проекции* $(K'(x'_K, y'_K, z'_K))^i, i=1, N$ характерных точек $K^i(x^i, y^i, z^i), i=1, N$ и выделенные тонкой линией *аксонометрические проекции* геометрических образов, принадлежащих ортогональной проекции Δ изделия.

О4. Таким образом, на четвертом этапе решения типовой геометрической задачи для вспомогательного образа Δ *строятся необходимые проекции геометрических образов*.

А5. *Выполняется проверка достаточности* полученного количества *аксонометрических проекций* $(K'(x'_K, y'_K, z'_K))^i, i=1, N$ характерных точек $K^i(x^i, y^i, z^i), i=1, N$ для выделения и обозначения конечного результата решения аксонометрической задачи.

Если для получения конечного результата *аксонометрических проекций* $(K'(x'_K, y'_K, z'_K))^i, i=1, N$ характерных точек $K^i(x^i, y^i, z^i), i=1, N$ достаточно, то выполняется последний седьмой этап данного алгоритма. Например, для плоской пластины её *аксонометрическая проекция* может быть выделена толстой линией.

Если для получения конечного результата *аксонометрических проекций* $(K'(x'_K, y'_K, z'_K))^i, i=1, N$ характерных точек $K^i(x^i, y^i, z^i), i=1, N$ недостаточно, то выполняется следующий шестой этап данного алгоритма.

О5. Таким образом, на пятом этапе решения типовой геометрической задачи для вспомогательного образа Δ выполняется *проверка достаточности получения требуемого результата*.

А6. *Определяются дополнительные точки* $K^{ij}, i=1, L, j=1, M$ для однозначного выделения и обозначения конечного результата решения

аксонометрической задачи. Число L принадлежит множеству натуральных чисел.

Счетчику j следующей ортогональной проекции изделия Δ^j , $j=1, M$ присваивается второе значение (единица) — $j=1$.

Об. Таким образом, на шестом этапе решения типовой геометрической задачи *определяются дополнительные точки* K^{ij} , $i=1, N$, $j=1, M$ строимого геометрического образа для однозначного выделения и обозначения конечного результата решения задачи.

Аб.1. В комплексном проекционном чертеже (или фотографии прототипа) *выделяется ортогональная проекция* Δ^j , $j=1, M$ (вид спереди, вид сверху, вид слева и т.д.), содержащая максимальную информацию о конструктивных особенностях изделия (отверстия, бобышки, лыски, фаски, канавки и т.д.) по сравнению с оставшимися *ортогональными проекциями* Δ^j , $j=2, M$.

Для новой *ортогональной проекции* Δ^j , $j=1, M$ аналогично пунктам 2, 3, 4 выполняются пункты 6.2, 6.3, 6.4 данного алгоритма.

Об.1. Для решения типовой геометрической задачи *выделяется новый геометрический образ* Δ^j , $j=1, M$.

Аб.2. Выполняется *геометрический анализ* новой ортогональной проекции Δ^j , $j=1, M$ с целью определения характерных геометрических образов (окружностей, дуг, отрезков прямых линий, точек).

Для построения аксонометрии характерных геометрических образов выделяются их *характерные точки* $K^{ij}(K^{ij}_1, K^{ij}_2, K^{ij}_3)$, $i=1, L$; $j=1, M$.

В число L новых характерных точек $K^{ij}(K^{ij}_1, K^{ij}_2, K^{ij}_3)$, $i=1, L$; $j=1, M$ не включаются *характерные точки* $K^i(K^i_1, K^i_2, K^i_3)$, $i=1, N$, для которых уже построены *аксонометрические проекции* $(K'(x'_k, y'_k, z'_k))^i$, $i=1, N$.

Для каждой характерной точки $K^{ij}(x^{ij}, y^{ij}, z^{ij})$, $i=1, L$; $j=1, M$ анализируемой ортогональной проекции Δ определяются её *первичные координаты* x^{ij}, y^{ij}, z^{ij} , $i=1, L$; $j=1, M$.

Об.2. Таким образом, на данной итерации решения типовой геометрической задачи для вспомогательного образа Δ^j , $j=1, M$ *выполняется первая группа вспомогательных действий* a^j , в результате которых определяются *первичные координаты* x^{ij}, y^{ij}, z^{ij} , $i=1, L$; $j=1, M$ дополнительных характерных точек $K^{ij}(K^{ij}_1, K^{ij}_2, K^{ij}_3)$, $i=1, L$; $j=1, M$ изделия.

Аб.3. На данном этапе построения аксонометрии изделия с помощью натуральных коэффициентов искажения k_x, k_y, k_z для координатных осей Ox, Oy, Oz определяются *вторичные аксонометрические координаты* $(x'_k, y'_k, z'_k)^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$ аксонометрической проекции $(K')^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$ по первичным ортогональным координатам $(x_k, y_k, z_k)^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$ точки $K^{ij}(x^{ij}, y^{ij}, z^{ij})$, $i=1, L$; $j=1, M$:

$$x'_k = k_x \cdot x_k, \quad y'_k = k_y \cdot y_k, \quad z'_k = k_z \cdot z_k.$$

Результатом b^j , $j=1, M$ данного этапа для задачи построения аксонометрии являются *вторичные аксонометрические координаты* $(x'_k, y'_k, z'_k)^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$ для каждой характерной точки $K^{ij}(x^{ij}, y^{ij}, z^{ij})$, $i=1, L$; $j=1, M$ — $(K'(x'_k, y'_k, z'_k))^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$.

Об.3. Таким образом, на данном этапе решения типовой геометрической задачи для вспомогательного образа Δ^j , $j=1, M$ выполняется вторая группа вспомогательных действий b^j , $j=1, M$, в результате которых определяются вторичные аксонометрические координаты $(x'_k, y'_k, z'_k)^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$ характерных точек $K^{ij}(x^{ij}, y^{ij}, z^{ij})$, $i=1, L$; $j=1, M$ изделия.

Аб.4. Строятся аксонометрические проекции характерных точек — $K^{ij}(x^{ij}, y^{ij}, z^{ij})$, $i=1, L$; $j=1, M$.

Соединением тонкой линией аксонометрических проекций $(K'(x'_k, y'_k, z'_k))^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$ характерных точек $K^{ij}(x^{ij}, y^{ij}, z^{ij})$, $i=1, L$; $j=1, M$ выделяются построенные проекции геометрических образов, принадлежащих ортогональной проекции Δ^j , $j=1, M$ изделия.

Результатом четвертого этапа являются аксонометрические проекции $(K'(x'_k, y'_k, z'_k))^{ij}$, $i=1, L$; $j=1, M$ дополнительных характерных точек $K^{ij}(x^{ij}, y^{ij}, z^{ij})$, $i=1, L$; $j=1, M$ и выделенные тонкой линией дополнительные аксонометрические проекции геометрических образов, принадлежащих ортогональной проекции Δ^j , $j=1, M$ изделия.

Об.4. Таким образом, на четвертом этапе решения типовой геометрической задачи для вспомогательного образа Δ^j , $j=1, M$ строятся дополнительные необходимые проекции геометрических образов.

Аб.5. и Об.5. Принимается решение об однозначности построения конечного результата решения задачи.

Если количества точек K^{ij} , $i=1, N+L$, $j=1, M$, принадлежащих геометрическим образам ортогональных проекций Δ^j , $j=0, M$ достаточно для однозначного выделения и обозначения результата решения аксонометрической задачи, то выполняется седьмой этап данного алгоритма.

Иначе – значение счетчика j дополнительных ортогональных проекций Δ^j , $j=2, M$ увеличивается на единицу ($j=j+1$). Выделяется новая ортогональная проекция Δ^j , $j=2, M$, выполняются вспомогательные действия a^j , b^j , $j=1, M$, и принимается решение об однозначности построения конечного результата, то есть повторяется выполнение шестого этапа данного алгоритма.

Разработанная структурная схема алгоритма построения аксонометрии изделия отражает повторение первых пяти этапов на шестом этапе для новых ортогональных проекций Δ^j , $j=1, M$ (Рис. 1). Такая же закономерность присуща алгоритму общего подхода.

Таким образом, содержания шестого этапа обоих алгоритмов, по сути, соответствуют.

А7. Выделяется и обозначается результат решения аксонометрической задачи соединением гладкой линией полученных точек K^{ij} , $i=1, N+L+P$, $j=1, M$ с учетом их видимости на проекционном чертеже.

Для построенной аксонометрии изделия проставляются присоединительные и габаритные размеры.

О7. Таким образом, на седьмом этапе решения типовой геометрической задачи выделяется и обозначается результат решения.

Следовательно, содержания обоих алгоритмов, по сути, соответствуют.

Поскольку содержание и структура алгоритма построения аксонометрии изделия [7] соответствуют содержанию и структуре общего алгоритма решения типовых геометрических задач [5, 6, 12], то предложенная гипотеза справедлива.

Блок-схемы алгоритмов содержат только стандартные логические блоки операторов для программирования на языке высокого уровня.

Эффективность алгоритма построения аксонометрии изделия проверяется студентами при решении практических задач и инженерами в процессе конструирования изделия.

Например, используя алгоритм предложенной структуры, студентами на практических занятиях решается задача построения аксонометрии амортизатора (Рис. 2). Результат показан на Рис. 3.

Студенты получают результат за отведенное время. Количество ошибок снижается примерно в два раза.

С технологией изготовления амортизатора (Рис. 4) можно познакомиться на Одесском заводе резиновых изделий.

Предложенный алгоритм построения аксонометрии изделия позволяет инженерам предприятия повысить качество конструкторской документации за счет исключения неточностей в изображениях.

Эффективность алгоритма общего подхода к решению типовых геометрических проблем проверяется студентами и инженерами при решении практических задач.

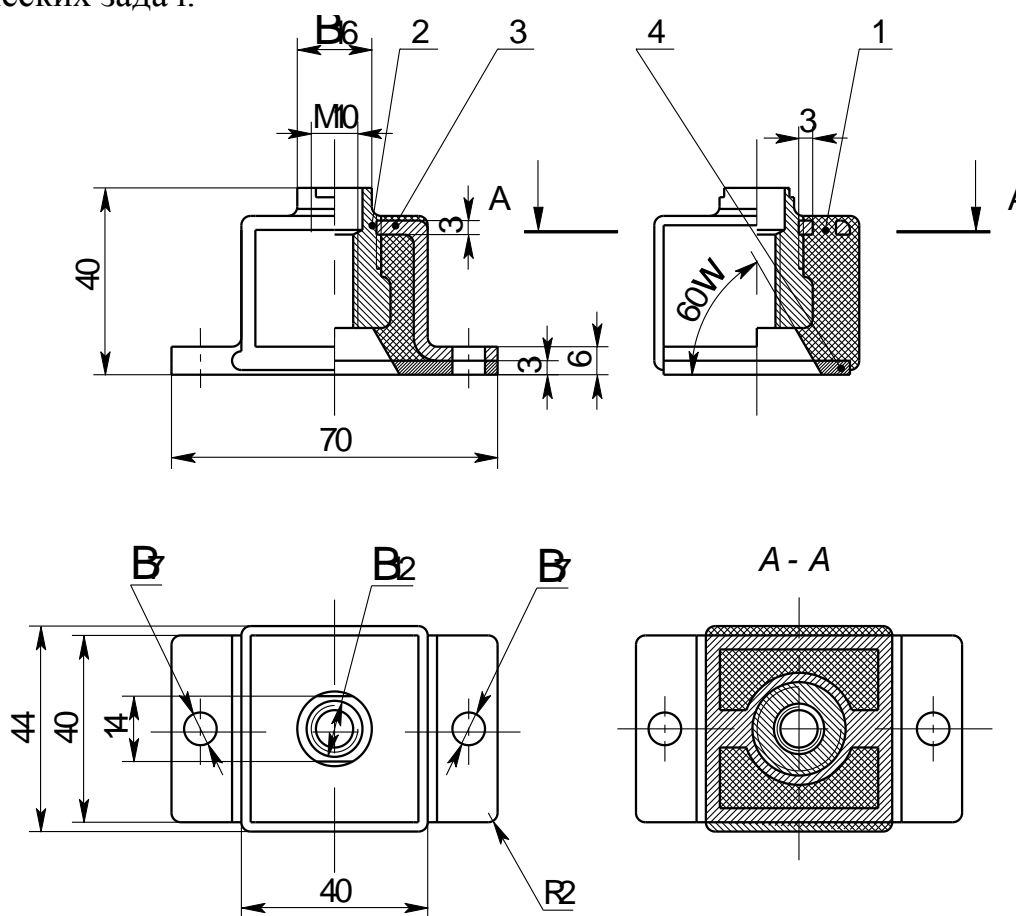


Рис. 2. Двухмерная модель изделия: 1 – корпус; 2 – втулка; 3 – скоба; 4 – пластина.

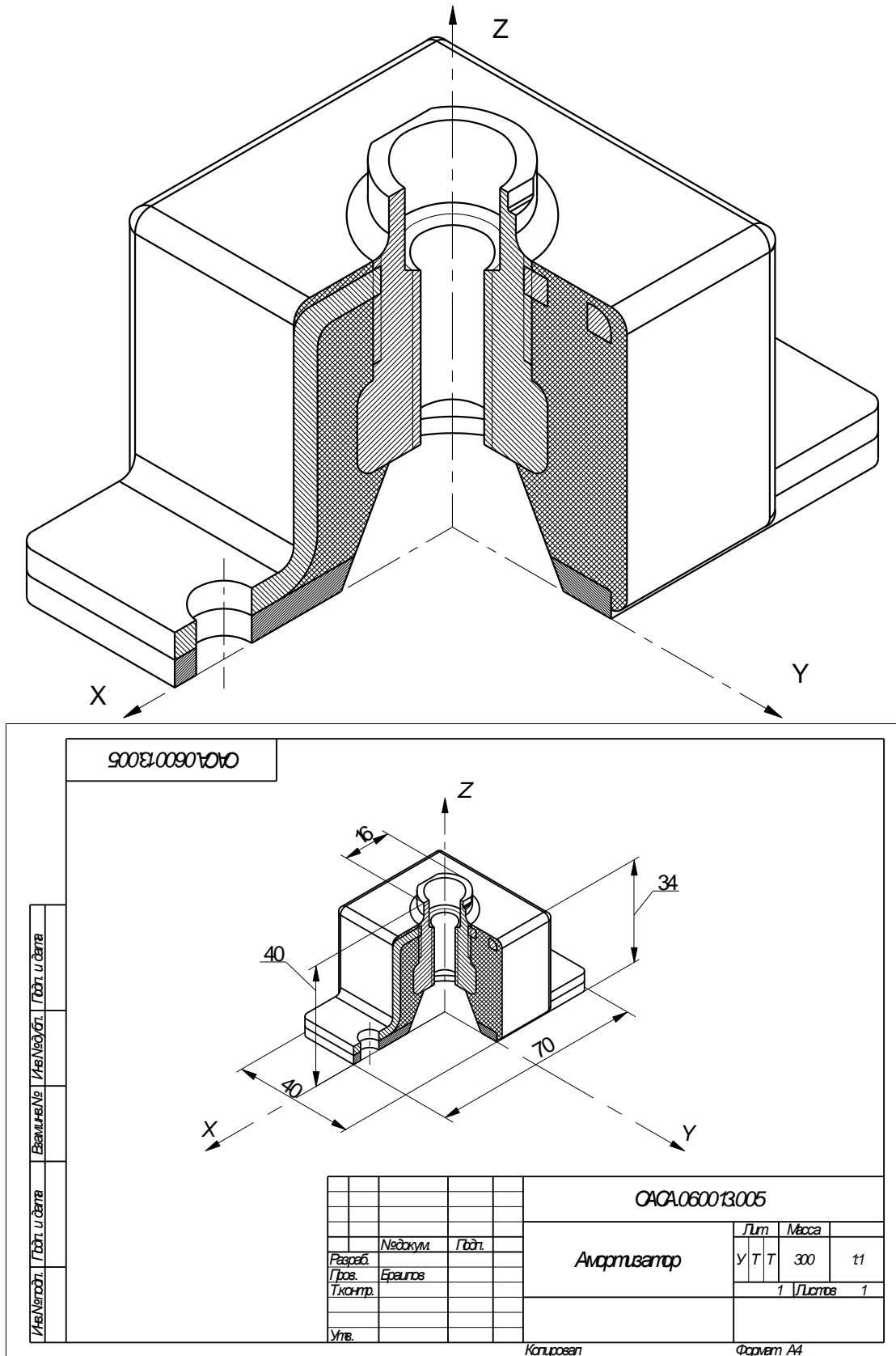


Рис. 3. Построенная аксонометрия изделия и чертеж.



Рис. 4. Амортизатор АКСС-25М Одесского завода резиновых изделий.

Используя общий алгоритм предложенной структуры, решается позиционная задача определения линии пересечения двух поверхностей вращения (Рис. 5). Результаты решения задачи показаны на Рис. 6.

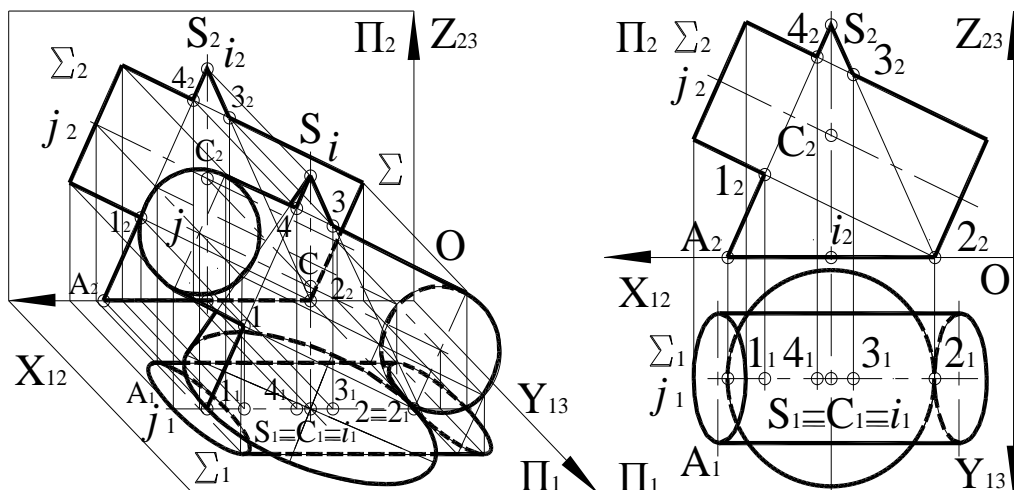


Рис. 5. Трехмерные и двухмерные модели исходных геометрических образов конуса и цилиндра.

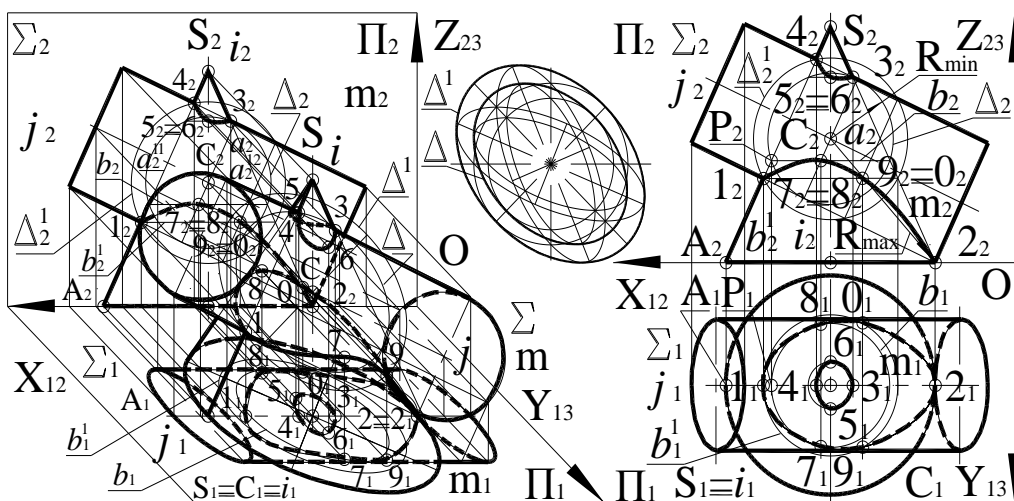


Рис. 6. Результаты построения линии пересечения поверхностей вращения.

Выводы. 1. Выполненный сравнительный анализ доказал соответствие содержания и структур алгоритма построения аксонометрии изделия [7] и алгоритма общего подхода к решению типовых геометрических инженерных задач [5, 6, 12].

2. Предложенная гипотеза справедлива.

3. Таким образом, обоснована возможность применения разработанного алгоритма для построения аксонометрии изделия в бесконечном множестве видов аксонометрических проекций.

Литература

1. Браилов А. Ю. Особенности обучения инженерной графике в современных условиях / А. Ю. Браилов // Технічна естетика і дизайн. – К.: Віпол, 2011. – Вип. 8. – С. 44—49.
2. Браилов А. Ю. Структура алгоритма решения позиционных задач / А. Ю. Браилов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2011. — Вип. 88. – С. 100—105.
3. Браилов А. Ю. Структура алгоритма построения развертки поверхности / А. Ю. Браилов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2012. — Вип. 89. – С. 94—100.
4. Браилов А. Ю. Структура алгоритма решения метрических задач / А. Ю. Браилов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – СПГМ-15. – С. 16—24.
5. Браилов А. Ю. Общий алгоритм решения типовых геометрических задач / А. Ю. Браилов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2013.— Вип. 91. – С. 32—45.
6. Браилов А. Ю. Инженерная геометрия / А. Ю. Браилов – К.: Каравелла, 2013. – 456 с. (ISBN 978-966-2229-58-5).
7. Браилов А. Ю. Алгоритм построения аксонометрии изделия / А. Ю. Браилов // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць. – Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014.— Вип. 2. – С. 9—21.
8. Бубенников А. В., Громов М. Я. Начертательная геометрия. – М.: Высш. шк., 1973. – 416 с.
9. Михайленко В.Е., Ванин В.В., Ковалев С.Н. Инженерная и компьютерная графика. – К.: Каравелла, 2013. – 328 с.
10. Подкорытов А.Н., Галзман Е.Г., Первалов В.Ф. Конспект лекций по инженерной графике (со структурно-логическими схемами и с алгоритмами графических построений при решении типовых задач) для студентов немеханических специальностей. – Одесса: ОГПУ, 1993. – 83 с.
11. Фролов С.А. Начертательная геометрия. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
12. Brailov A. Yu. The general approach to the solution of typical engineering geometrical problems // Proceedings of the Sixteenth International Conference on Geometry and Graphics (Innsbruck, AUSTRIA). – ISGG, 2014. – P. 106—109.

Summary

A. Yu. Brailov

HYPOTHESIS ABOUT CORRESPONDENCE OF THE ALGORITHM OF THE CONSTRUCTION AXONOMETRY PRODUCTS TO GENERAL APPROACH FOR SOLVING GEOMETRIC PROBLEMS

The persisting work discusses the essence of the problem of the proof of applicability of the developed algorithm to endless number of various types of axonometric projections. A necessary condition of solving the revealed contradiction is presented. A hypothesis on the correspondence of the developed algorithm to the level of generality of a given problem is formulated. A comparative analysis is presented for the content and structure of the developed algorithm for construction of the axonometric projection of the designed part and the algorithm of solution of typical geometrical engineering problems.

ТЕХНОГЕННЫЕ ШУМОВЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: tanyanik13@rambler.ru*

Аннотация. Работа посвящена одной из экологических проблем урбанизированных территорий – техногенные шумовые загрязнения. Также рассматриваются источники техногенного шума, его влияние на здоровье человека. Обеспечение экологической безопасности по шумовому загрязнению в системе экологических угроз предполагает выбор методов снижения шумообразования и различных приемов локальной защиты, относительно каждого вида источника техногенного шумового загрязнения.

Ключевые слова: техногенные шумовые загрязнения, экологическая безопасность, шумозащита, урбанизированные территории, городские агломерации.

Постановка проблемы.

Влияние техногенного шума на человека рассматривается в системе экологических угроз.

По результатам исследований в медицине, эргономике, экологии человека постоянный техногенный шум отрицательно сказывается на работе многих жизненно важных органов. Один из основных источников техногенного шума на урбанизированных территориях – автомобильный транспорт, интенсивность движения которого постоянно возрастает. Наибольшие уровни шума 90-95 дБ отмечаются на магистральных улицах городов со средней интенсивностью движения 2-3 тысяч транспортных единиц в час. Следовательно, проблемы техногенного шумового загрязнения требуют многопланового исследования для определения мероприятий, включающих комплекс решений по преобразованию урбанизированных территории с целью оптимизации экологически безопасных условий жизнедеятельности по уровню шумового загрязнения, что являлось целью работы.

Анализ основных исследований и публикаций.

В настоящее время во многих странах мира ведутся различные исследования с целью выяснения влияния техногенного шума на здоровье человека и принимают определенные меры.

В работе Пестряковой С.В. [1] автор освещает проблему урбанизированных территорий, для которых тенденция роста техногенных нагрузок приобретает угрожающий характер. Рассматривая обеспечение благоприятного шумового режима урбанизированных территорий, обосновывает необходимость достижения экологической безопасности по фактору шумового загрязнения. Направления деятельности по регулированию техногенного шумового режима урбанизированных территорий в значительной степени зависят от того, учтены ли они в процессе проектирования, реализованы при застройке, применяются как дополнительные мероприятия для исправления исторически сложившейся диспропорции или допущенных ранее ошибок. Еще в 1976 г. в Ленинграде Б.П.Савичем было проведено

исследование, выявившие, что стоимость работ по защите от шумового загрязнения, необходимость которых выявлена в процессе эксплуатации зданий и сооружений в 4-7,2 раза выше стоимости запроектированных мероприятий. Следовательно, борьбу с техногенным шумовым загрязнением целесообразно начинать при разработке проектов застройки.

Вергунов А.П., автор работ [2,3] отмечает, что для многих урбанизированных территорий необходимость уменьшения техногенного шумового влияния на человека особенно остро ощущается в центральных районах городских агломераций. Это связано с тем, что центры урбанизированных территорий являются местом наиболее высокой плотности скопления автомобилей.

Тетиор А.Н., рассматривая проблемы устойчивого развития агломераций в [4, глава XIII], предлагает различные конструктивные решения шумозащитных озеленяемых сооружений, что одновременно позволяет решать и другие важные проблемы экологии агломераций: благоустройство и озеленение, оптимизации плотности застройки, повышение комфортности урбанизированных ландшафтов.

В Методических рекомендациях [5] потребность в проведении мероприятий по защите от техногенного шумового загрязнения определяется исходя из шумовой нагрузки соответствующего района урбанизированной территории и числа его жителей с учетом перспективы развития. Чем выше шумовая нагрузка и больше число жителей, подвергающихся ее воздействию, тем больше и потребность в проведении соответствующих мероприятий. Такой подход становится более дифференцированным, если при этом учитываются преимущественный вид использования урбанизированной территории и параметров застройки.

Оригинальная часть.

Техногенные шумы часто представляют собой смесь случайных и периодических колебаний. К источникам шума техногенного происхождения относятся все применяемые в современной технике механизмы, оборудование и транспорт, которые создают шумовое загрязнение окружающей среды. Также техногенный шумовой фон создается источниками, находящимися в постройках, сооружениях, зданиях и на территории между ними. В таблице 1 представлены виды транспорта и интенсивность шума [6].

Таблица 1

Интенсивность техногенного шумового загрязнения от транспортных средств

Вид транспорта	Интенсивность техногенного шума, дБ
Легковой автомобиль	70-80
Грузовой автомобиль	80-90
Автобус	80-85
Поезд метрополитена	90-95
Железнодорожный состав (в 7 м от колеи)	95-100
Железнодорожный состав (у колес)	125-130
Реактивный самолет при взлете	130-160

Степень акустического загрязнения урбанизированных территорий непосредственно зависит от приближенности основных транспортных магистралей к жилым домам и интенсивности движения транспорта (в основном грузового).

Для уменьшения техногенного влияния транспортного шума, доказано, что крупные автомагистрали следует строить на расстоянии не менее 25 м от жилых застроек и зоны разрыва озеленены [6]. Кроме того, градостроительными мероприятиями для уменьшения техногенного шумового загрязнения могут выступать рациональная застройка магистральных улиц, максимальное озеленение территории микрорайонов и разделительных полос, использование рельефа местности и др. Расположение магистрали в выемке также снижает влияние техногенных шумовых загрязнений на близко расположенной территории. Наиболее целесообразна свободная застройка, защищённая от стороны улицы зелёными насаждениями и экранирующими зданиями временного пребывания людей (магазины, столовые, рестораны, ателье и т.п.). Большое значение имеют административные меры, а именно, ограничение звуковых сигналов уличного транспорта, упорядочение движения грузовых и легковых машин на определенных улицах и т.д.

Выводы.

Обеспечение экологической безопасности по шумовому загрязнению предполагает выбор методов снижения шумообразования и различных приемов локальной защиты, относительно каждого вида источника шумового загрязнения.

Выбор определенной локальной защиты (подбор материалов, конструкций и др.) зависит от уровня техногенного шумового загрязнения урбанизированной территории, а также результатов анализа воздействия различных внешних и внутренних факторов. Использование в строительстве шумозащитных конструкций играет важную роль для уменьшения негативного влияния техногенного шумового загрязнения в системе экологических угроз для человека.

Перспективы дальнейшего исследования.

Продолжить изучение исследований авторов уже существующих конструкций для защиты человека от техногенного шумового воздействия на урбанизированных территориях. Обобщая, следует отметить, что разработаны различные подходы к выделению техногенных шумовых загрязнений, хотя присутствует ряд нерешенных проблем.

Литература

1. Пестрякова С.В. Современные методы борьбы с шумом при проектировании городов. - М.: ВНИИТАГ Госкомархитектуры, 1989. – 34 с. [электронный ресурс].- режим доступа-www.lib.ua-ru.net/diss/cont/224872.html
2. Вергунов А.П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города. – Л.: Стройиздат, 1982. – 135 с.
3. Вергунов А.П. Учёт санитарно-гигиенических и микроклиматических факторов городской среды //Архитектурная композиция садов и парков. – М., 1980. - С. 29-38.

4. Тетиор А.Н. «Устойчивое развитие города» 2000 г.

5. Методические рекомендации по учету шумового загрязнения в составе территориальных комплексных схем охраны городов. – Л.: 1989. [электронный ресурс].- режим доступа-www.complexdoc.ru/ntdtext/537189

6. Защита от шума в градостроительстве /Г.Л. Осипов, А.А. Климухин и др.; Под ред. Г.Л.Осипова. – М.: Стройиздат, 1993. – 96 с.

**INDUSTRIAL NOISE POLLUTION IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL
THREATS
T. Vereha**

Abstract. This article is devoted to one of the environmental problems in urban areas - man-made noise pollution. The sources of man-made noise and its impact on human health are also considered. Providing environmental safety with noise pollution in the system of environmental threats involves the choice of methods of noise reduction techniques and various forms of local protection, for each kind of source of man-made noise pollution.

Key Words: man-made noise pollution, environmental safety, sound insulation, urbanized areas, urban agglomerations.

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА РАБОТУ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА БЕЗ ПРОЗРАЧНОГО ПОКРЫТИЯ

*Национальный университет «Львовская политехника», Украина
email: ostap.pona@gmail.com*

Аннотация. В этой статье описаны результаты исследования влияния воздушного потока на работу солнечного коллектора без прозрачного покрытия и приведены результаты. Установлены зависимости между различными скоростями, направлениям воздушного потока и эффективностью солнечного коллектора. Показано на сколько уменьшается эффективность солнечного коллектора при воздействии на него ветра.

Ключевые слова: солнечный коллектор, воздушный поток, солнечное излучение.

Abstract. This article describes the results of investigations of air flow to work solar collector without a transparent cover and results. It is defined the dependences between different speeds, directions of air flow and efficiency of the solar collector. It is shown by reduced efficiency of the solar collector exposed to wind him.

Key Words: solar collector, air flow, solar radiation.

Постановка проблемы. На сегодняшний день человечество активно внедряет новые экологически чистые источники энергии. Интенсивное использование традиционных источников энергии привело к появлению ряда экологических проблем, наиболее острыми из которых являются: увеличение выбросов в атмосферу углекислого газа и уменьшения толщины озонового слоя. За последние 100 лет концентрация углекислого газа в атмосфере Земли увеличилось на 13%. Потенциал альтернативных источников энергии является высоким: использование 1/100% энергии Солнца позволяет исключить использование нефти, газа и других традиционных источников.

Анализ исследований и публикаций. Среди нетрадиционных источников энергии ведущее место занимает солнечная энергетика. Существует много различных конструкций солнечных коллекторов для обеспечения бытовых и технологических нужд [5]. На их эффективность влияет много факторов: облачность, скорость и направление ветра, географическая широта и т.д. [1, 4]. Поэтому на сегодняшний день важно изучение всех факторов, которые влияют на работу солнечных коллекторов и поиск оптимальных режимов их работы.

Целью исследования является изучение влияния направления и скорости воздушного потока на работу солнечного коллектора.

Изложение основного материала. Исследования проводились на экспериментальной установке, которая состояла из солнечного коллектора без прозрачного покрытия, бака-аккумулятора, источника излучения и

измерительных приборов. Схема экспериментальной установки изображена на рис. 1.

Солнечные лучи поступают на поглотитель солнечной энергии и трубки для теплоносителя. При этом происходит их нагрев. За счет разницы температур, и соответственно разности плотностей теплоносителя в зоне входного и выходного патрубков создается циркуляция теплоносителя. Нагретый теплоноситель через подающий трубопровод 6 подается в бак-аккумулятор горячей воды 2. Нагретая вода через патрубок 7 подается потребителю. Охлажденный теплоноситель по обратному трубопроводу 5 возвращается в солнечный коллектор 1, и нагревается. Спуск воды из бака-аккумулятора происходит через патрубок 8. Выпуск воздуха – через воздухоотводчик 9.

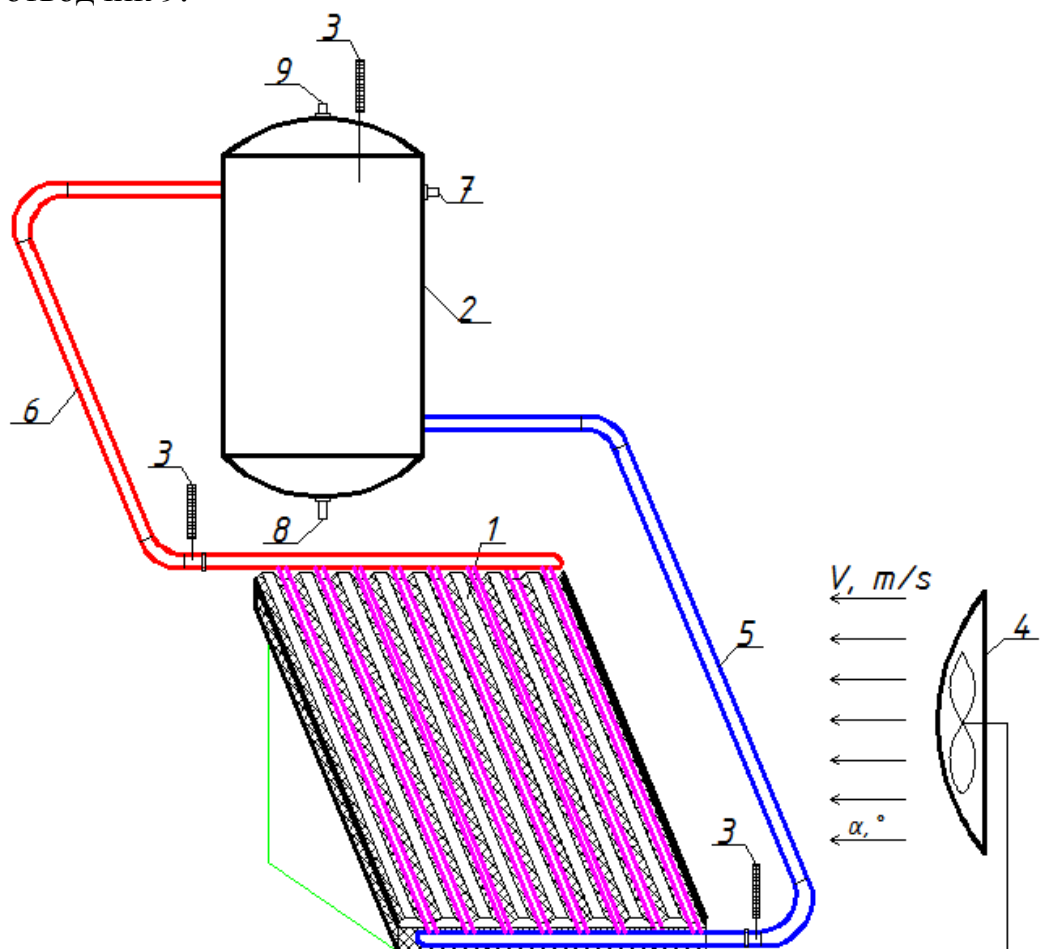


Рис. 1 Схема экспериментальной установки:

1 - солнечный коллектор; 2 - бак-аккумулятор; 3 - ртутные термометры; 4 - вентилятор; 5 - обратная трубопровод; 6 - подающий трубопровод; 7 - патрубок отбора теплоносителя; 8 - патрубок слива теплоносителя; 9 - воздухоотводчик.

На протяжении эксперимента измерялась температура теплоносителя в трех точках системы (на выходе из солнечного коллектора, на входе в солнечный коллектор и в баке-аккумуляторе) ртутными термометрами. Скорость воздушного потока измерялась термоэлектроанемометром TESTO 405 - V1. Интенсивность потока энергии, излучало источник, измерялась актинометр.

Скорость воздушного потока изменялась от 2 до 6 м / с, что соответствует нормативным значениям средней скорости ветра. Была составлена матрица планирования двухфакторного эксперимента с учетом взаимодействия факторов (табл. 1).

Определяющими факторами были выбраны следующие величины:

- x_1 - скорость воздушного потока V , м / с [2; 6];
- x_2 - направление воздушного потока $\pm \alpha$, ° [0; 90];

Параметром оптимизации было выбрано количество тепла Q , кДж, что аккумулировалась в баке-аккумуляторе гелиосистемы.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

№	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	y
1	+	-	-	+	398,1
2	+	+	-	-	293,3
3	+	-	+	-	314,3
4	+	+	+	+	230,5

На основе данных таблицы 1 получим следующее уравнение регрессии:

$$Q = 1236,2 - 188,6x_1 - 146,6x_2 - 21x_1x_2 \quad (1.1)$$

Проанализировав коэффициенты уравнения регрессии можно сделать вывод, что большее влияние на эффективность солнечного коллектора без прозрачного покрытия имеет направление воздушного потока, а его скорость - влияет меньше. Также можно утверждать, что при численном увеличении факторов, энергетическая эффективность солнечного коллектора без прозрачного покрытия будет уменьшаться.

Результаты экспериментальных исследований представлены в графической форме (рис. 2).

Из графика (рис. 2) видно, что при направлении воздушного потока, перпендикулярном солнечного коллектора и при увеличении его скорости, энергетическая эффективность солнечного коллектора уменьшается быстрее, чем при той же скорости и направлении воздушного потока, перпендикулярном к коллектору. Больше эффективность солнечного коллектора уменьшается при направлении воздушного потока перпендикулярном солнечного коллектора.

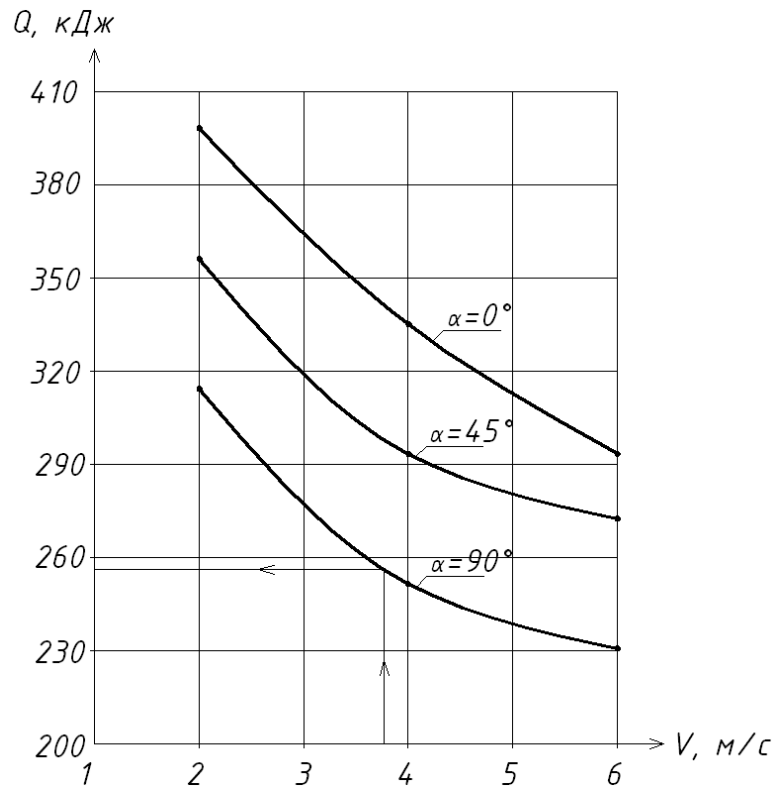


Рис. 2 Результаты экспериментальных исследований

Выводы. Важным фактором, влияющим на энергетическую эффективность солнечного коллектора является воздушный поток. Исследования показали, что эффективность солнечного коллектора без прозрачного покрытия при воздействии на него воздушного потока уменьшается до 55%, что говорит о важности его защиты от ветра.

Литература

1. Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. А. Даффи, У. А. Бекман ; пер. с англ. под. ред Ю. Н. Малевского. – М. : Мир, 1977. – 420 с.
2. Возняк О.Т. Ефективність плоского сонячного колектора при різних інтенсивностях та кутах падіння теплового потоку/ О. Т. Возняк, С. П. Шаповал// Науково-технічний журнал Нова тема: гол. ред. М. В. Степанов. – №3, 2010. – с. 32-34.
3. Шаповал С. П. Ефективність системи тепlopостачання на основі сонячного колектора при зміні кута надходження теплового потоку / С. П. Шаповал, О. Т. Возняк, О. С. Дацько // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" ["Теорія і практика будівництва"]. – Л. : В-во НУ "ЛП", 2009. – № 655. – С. 299-302.
4. Твайделл Д. Возобновляемые источники энергии / Д. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. под ред. В. А. Коробкова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 391 с.
5. Недбайло, А. Н. Использование солнечного коллектора для отопления помещения / А. Н. Недбайло, Н. Е. Ляшенко // Промышленная теплотехника. - 2010. - Т. 35, № 4. - С. 66-70.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ФАЦЕТНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
emails: voskres.s@mail.ru, napks_eif@mail.ru*

Аннотация. Рассматривается моделирование фацетного концентратора солнечного излучения, когда фацеты цилиндрической формы и одинакового размера. Выведены формулы для определения координат расположения приемника. Приведено неравенство, решение которого позволяет выявить наиболее оптимальное значение угла наклона второй и третьей фацеты при заданном радиусе кривизны, чтобы получить максимальное значение геометрического коэффициента концентрации.

Ключевые слова: фацета, фацетный концентратор, отражатель, приемник, геометрический коэффициент концентрации.

Abstract. Modeling of the facet concentrator of sun radiation is examined, when facets is cylindrical shape and identical size. The formulas for determination of coordinates of location of the receiver are deduced. The inequality whose solution allows to expose the most optimum value of the angle of slope the second and third facets at the set radius of curvature is resulted, to get the maximal value of geometrical coefficient of the concentration.

Key Words: facet, facet concentrator, reflector, receiver, geometrical coefficient of the concentration.

Постановка проблемы. В последнее время наблюдается тенденция к наращиванию энергетических мощностей. Это в свою очередь приводит к ухудшению экологического состояния окружающей среды, значительному уменьшению сроков исчерпаемости ресурсов органического топлива. Согласно данным источника [1] месторождения нефти будут разработаны в течение следующих 43 лет, угля – в течение 174 лет, природного газа – в течение 56 лет, урана – 66 лет. Следует учесть, что прогнозов существует достаточно много и подразделяются они в зависимости от того, доступны ли ресурсы при настоящем уровне развития технологий или нет. Поэтому в других источниках цифры могут различаться, но вердикт останется прежним: при таких темпах использования исчерпание запасов топлива может произойти в ближайшую пару сотен лет. Кроме того, при сжигании ископаемого топлива выделяется углекислый газ и другие токсичные соединения. Это в свою очередь приводит к глобальному потеплению. На рисунке 1 показана корреляция между ростом концентрации атмосферной двуокиси углерода и средней температурой в северном полушарии [2].

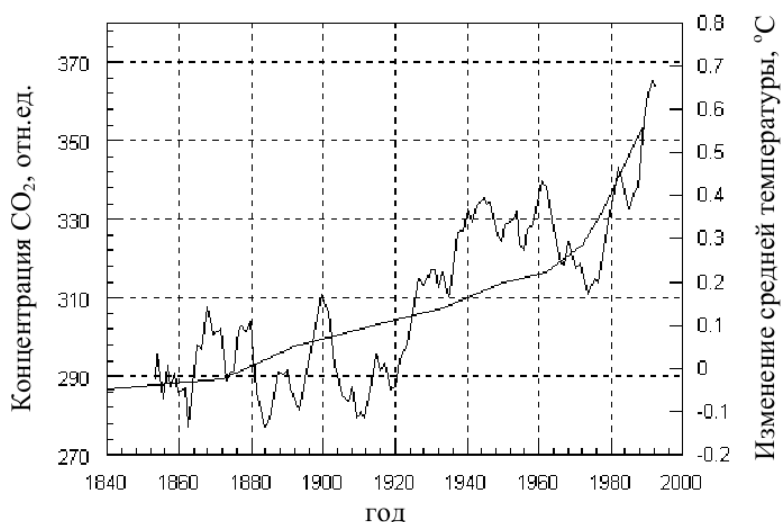


Рисунок 1 – Корреляция между ростом концентрации двуокиси углерода в атмосфере (монотонная кривая) и увеличением средней температуры в северном полушарии (ломанная кривая)

Решением проблем может стать использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. В частности, солнечная энергия обладает наибольшим потенциалом и является неисчерпаемым источником, который может в полном объеме обеспечить потребности населения. Для того чтобы удовлетворить нынешний уровень потребления всей планеты достаточно занять фотоэлементами площадь 800×800 км, то есть, примерно в 233 раза меньше общей площади суши.

Технико-экономические показатели при сооружении и использовании солнечных энергетических установок зависят как от стоимости комплектующих, в частности фотоэлементов, так и от их параметров и производительности. Чем больше плотность потока падающего солнечного излучения, тем больше будет генерируемая мощность. На пути реализации проектов солнечного энергоснабжения стоит проблема не только дороговизны технологического оборудования, но и низкой эффективности преобразования солнечного излучения. Решением может стать применение концентраторов. Но при их изготовлении следует выбирать такие размеры и форму, которые обеспечат наилучший результат. Таким результатом является геометрический коэффициент концентрации, определяемый как отношение площади потока солнечного излучения падающего на поверхность отражателя концентрирующей установки к площади приемного устройства, преобразующего солнечное излучение в энергию требуемого вида.

Анализ публикаций. Наиболее простой способ концентрации солнечного излучения заключается в использовании одного или нескольких плоских зеркал. Такие случаи рассмотрены в работах [3 – 5]. Чаще всего, чтобы не усложнять конструкцию, берут два плоских зеркала 1 (рисунок 2), называемых в данном случае фацетами и установленных таким образом, чтобы все падающее солнечное излучение падало на приемник 2. В случае если размеры и угол наклона отражателей подобраны правильно, геометрический коэффициент концентрации может достичь трех. Более высокие значения можно получить, если при моделировании концентратора из отдельных фацет

(чаще – плоских, реже – изогнутых), располагать их таким образом, чтобы получить известную поверхность, например, цилиндрическую [6] или сферическую [7] (рисунок 3). На рисунке 4 показана схема моделирования таких устройств [8].

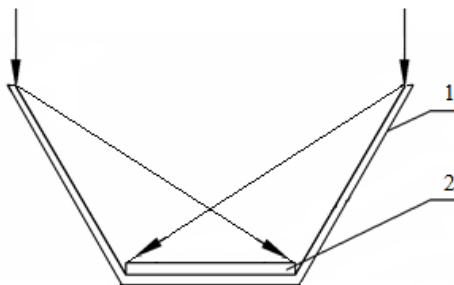
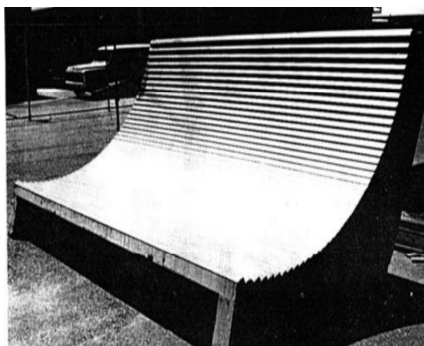


Рисунок 2 – Фацетный концентратор, состоящий из двух плоских отражателей
1- плоский отражатель (зеркало); 2 – приемник солнечного излучения



а).



б).

Рисунок 3 – Цилиндрический (а) и сферический (б) фацетные концентраторы

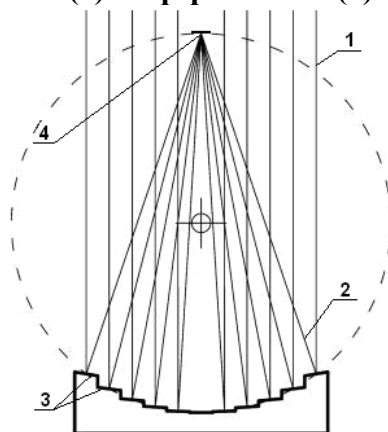


Рисунок 4 – Схема моделирования цилиндрического или сферического фацетного концентратора

1 – падающие солнечные лучи; 2 – отраженные солнечные лучи; 3 – плоские отражатели; 4 – приемник солнечного излучения

Также можно вместо плоских зеркал применить криволинейные поверхности. В этом случае приемник необходимо будет располагать выше, чем показанный на рисунке 2, но под ним можно будет поместить еще один отражатель криволинейной формы. Такая конструкция обеспечит значение геометрического коэффициента концентрации больше трех.

Формулировка целей статьи. Целью статьи является моделирование фасетного концентратора, состоящего из нескольких однотипных криволинейных поверхностей, а также техническое предложение по повышению эффективности его работы.

Основная часть. В отличие от методики собирания поверхности концентратора из различных фасет, когда результатом является образование известной поверхности, например, цилиндрической, будем рассматривать применение отдельных цилиндрических поверхностей, соединенных между собой. Такая конструкция будет иметь преимущества перед использованием плоских зеркал и приемника, расположенного перпендикулярно оси симметрии (рисунок 2). Это объясняется тем, что при одинаковой занимаемой площади, в первом случае геометрический коэффициент концентрации можно получить больше трех. Но преимуществом второго варианта будет равномерное распределение солнечных лучей по поверхности приемника. Данный фактор является важным при получении электрической энергии с помощью приемников – солнечных батарей, состоящих из групп последовательно и параллельно соединенных между собой фотоэлементов. Если же целью является выработка тепловой энергии, то все преимущества на стороне криволинейных поверхностей.

На рисунке 5 показан результат моделирования с помощью программы Maple концентратора солнечного излучения, выполненного из трех одинаковых цилиндрических фасет 1, 2 и 3. Центр кривизны O фасеты 1 лежит на оси симметрии, совпадающей с осью ординат, а две другие примыкают к ее торцам и имеют одинаковый угол наклона к оси абсцисс. Центры их кривизны O_1 и O_2 смещены, а радиус остается неизменным. Отраженные солнечные лучи собираются на приемнике 4. Угол наклона фасет, а также радиус их кривизны были выбраны в данном случае произвольно. Для случая, показанного на рисунке 5, когда радиус кривизны равен 10 единиц, а угол наклона второй и третьей фасет 33° , геометрический коэффициент концентрации составил 4,2. Данное значение может быть увеличено путем изменения угла наклона фасет. Рассмотрим, как выявить наиболее рациональные значения.

В статье [9] перечислены условия, которые необходимо соблюдать, чтобы получить большее значение геометрического коэффициента концентрации, если применяются фасеты параболоцилиндрической формы, выявлено, что угол κ наклона нормалей к оптической оси для крайних точек фасеты не должен превышать 15 градусов. Эти факторы можно применить и к цилиндрическим фасетам, но угол наклона фасет не должен превышать значения

$$u = 45^\circ - k_0, \quad (1)$$

где k_0 – угол наклона нормали, проходящей через крайнюю точку первой фасеты, к оптической оси.

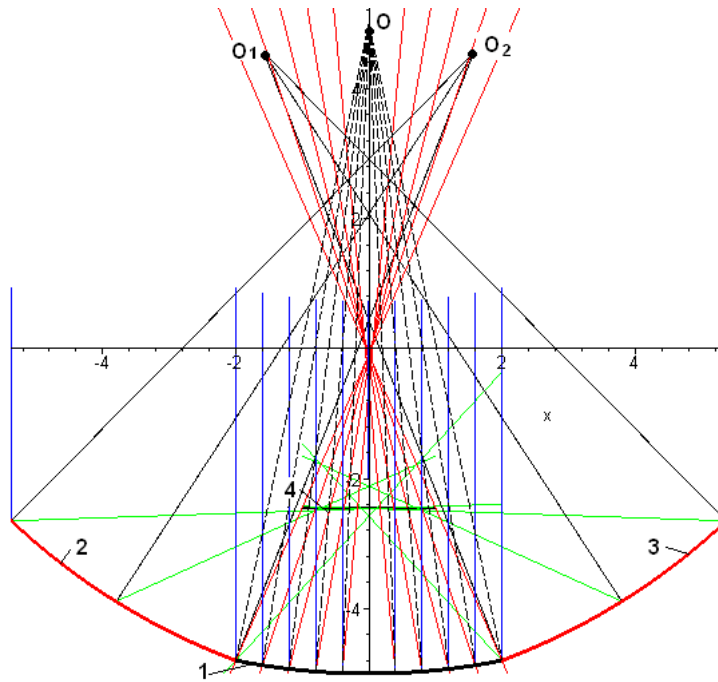


Рисунок 5 – Концентратор, состоящий из трех цилиндрических facets

Условие (1) получено из предпосылки, что отраженные лучи не должны пересекать ось абсцис, перпендикулярную оптической оси концентратора.

Угол k_0 может быть найден из выражения:

$$k_0 = 90^\circ - \arctan\left(\frac{z_0 - zp_0}{xp_0}\right) \text{ или } k_0 = 90^\circ - \arctan\left(\frac{z_0 - \sqrt{R^2 - xp_0^2}}{xp_0}\right), \quad (2)$$

где z_0 – ордината центра кривизны первой facets;

xp_0 и zp_0 – координаты крайней точки первой facets;

R – радиус кривизны.

Опытным путем было выявлено, что оптимальные координаты расположения приемника можно выявить в результате нахождения точки пересечения луча отраженного от крайней правой точки первой facets 1 (рисунок 5) и луча отраженного от наиболее удаленной от нее точки второй facets 2:

$$x_{pr} = \frac{zp_0 - zp_{10} + xp_{10} \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot k_0 - 2 \cdot u) - xp_0 \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot k_0)}{\operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot k_0) - \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot k_0 - 2 \cdot u)}; \quad (3)$$

$$z_{pr} = \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot k_0) * x_{pr} + zp_0 - xp_0 \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - 2 \cdot k_0), \quad (4)$$

где xp_{10} и zp_{10} – координаты наиболее удаленной от первой facets точки второй facets.

Значения xp_{10} и zp_{10} могут быть найдены с помощью формул (5) и (6) соответственно:

$$xp_{10} = \pm xp_0 \cdot (1 + 2 \cdot \cos(u)); \quad (5)$$

$$zp_{10} = zp_0 + 2 \cdot |xp_0| \cdot \sin(u). \quad (6)$$

В выражении (5) знак плюс принимается для третьей facets, а минус – для второй.

Из формул (3) и (4) видно, что координаты расположения приемника линейно зависят от угла наклона facets. При значении радиуса кривизны, равном 10 единицам, зная координаты $x_{pr\min}$ и $z_{pr\min}$ расположения приемника для одного значения угла наклона facets $u_{pr\min}$, можно найти для других случаев по формулам:

$$x_{pr} = x_{pr\min} + 0,068 \cdot (u - u_{pr\min}); \quad (7)$$

$$z_{pr} = z_{pr\min} + 0,16 \cdot (u - u_{pr\min}). \quad (8)$$

Коэффициенты, используемые в выражениях (7) и (8), соответствуют тангенсу угла наклона прямой зависимости x_{pr} и z_{pr} от u (рисунок 6) и легко могут быть найдены для других значений радиусов кривизны.

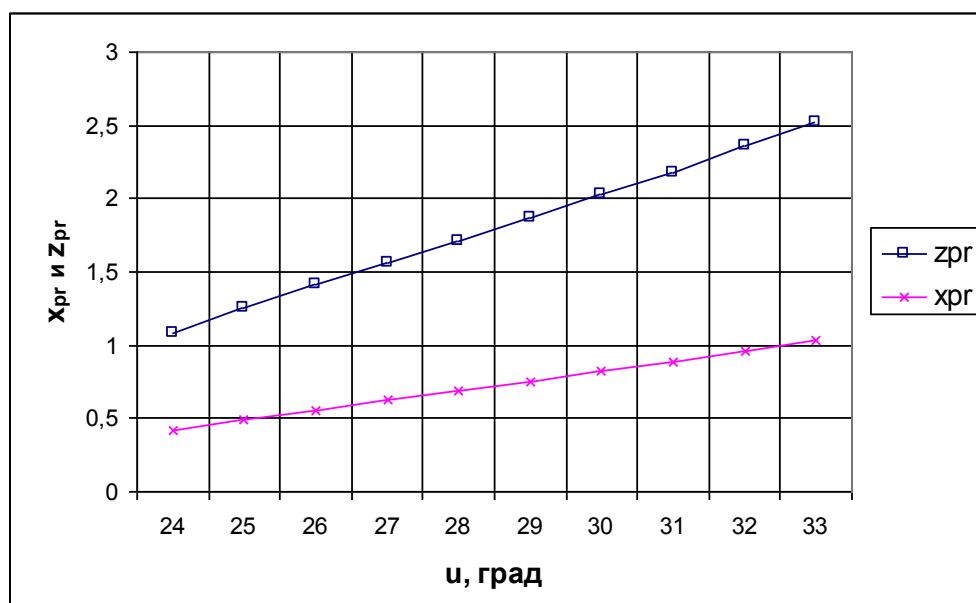


Рисунок 6 – Графики зависимости координат приемника от угла наклона второй и третьей facets

Рассмотрим зависимость геометрического коэффициента концентрации от угла наклона u второй и третьей facets. Для этого необходимо знать, какие углы u целесообразно применять. Для рассматриваемого случая (рисунок 5) при $x_{p0} = 2$ и $R = 10$ единиц в соответствии с выражением (2) $k_0 = 11,5^0$. Значит, угол наклона facets не может превысить $33,5^0$. Минимально возможное значение можно найти из условия (9):

$$\frac{z_{pr} - z_{cl}}{\tan(90^0 + 2 \cdot u)} + |x_{cl}| \leq |x_{pr}|, \quad (9)$$

где x_{cl} и z_{cl} – координаты средней точки второй или третьей facets

$$x_{cl} = \pm \left[\left(\frac{R}{2} + z_{p0} \right) \cdot \sin(u) + x_{p0} \cdot (1 + \cos(u)) \right]; \quad (10)$$

$$z_{cl} = - \left(\frac{R}{2} + z_{p0} \right) \cdot \cos(u) + z_{p0} + x_{p0} \cdot \sin(u). \quad (11)$$

В выражении (10) знак плюс принимается для третьей facets, а минус – для второй.

В результате расчетов по формулам (2)-(11) для рассматриваемого случая получили, что угол u не может быть меньше $23,5^\circ$.

На рисунке 7 показаны значения геометрического коэффициента концентрации K в зависимости от угла наклона второй и третьей facets. В результате было выявлено, что геометрический коэффициент концентрации нелинейно увеличивается по мере уменьшения угла u и может достигать 12,4. Это обусловлено в первую очередь уменьшением параметров приемника, что видно из рисунка 6.

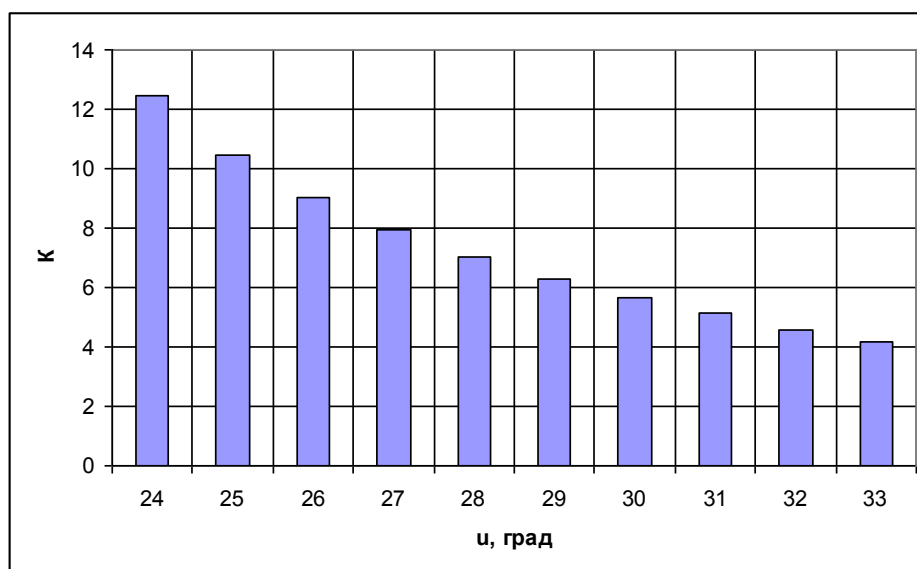


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента концентрации от угла наклона второй и третьей facets

То есть, чтобы получить наибольшее значение геометрического коэффициента концентрации, необходимо воспользоваться выражением (9) и найти наиболее оптимальное значение углов наклона второй и третьей facets u .

Рассмотрим влияние радиуса кривизны цилиндрических facets на геометрический коэффициент концентрации (рисунок 8). При расчетах возьмем угол $u = 24^\circ$, обеспечивающий наибольшее значение K при радиусе кривизны $R = 10$ единиц. Из рисунка 8 следует, что и при уменьшении, и при увеличении R геометрический коэффициент концентрации уменьшается. Для таких случаев нужно искать свое значение угла u , обеспечивающего лучшие выходные параметры концентратора.

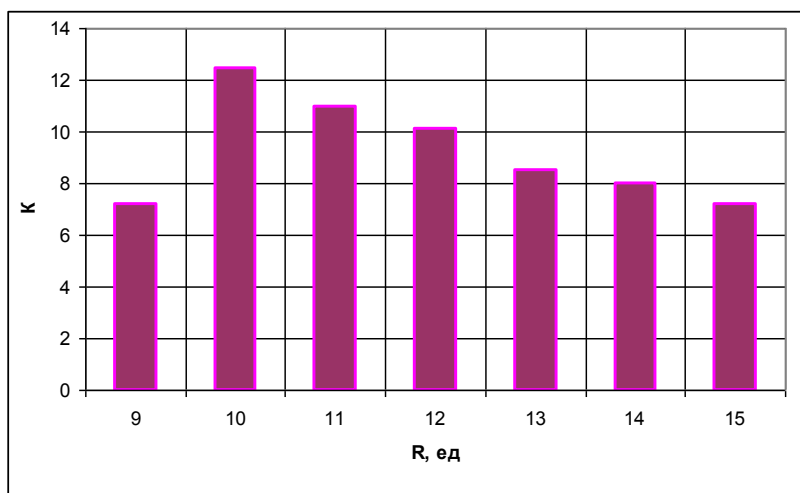


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента концентрации от радиуса кривизны facets

Выводы. В работе проведено моделирование фасетного концентратора для случая, когда все facets имеют цилиндрическую форму и одинаковые размеры. Для рассмотренного случая, если количество криволинейных facets равно трем, максимальное значение геометрического коэффициента концентрации составляет 12,4, а при использовании двух плоских зеркал и расположении приемника перпендикулярно оси симметрии, геометрический коэффициент концентрации не превысит трех.

Перспективы дальнейшего исследования. В качестве перспективы дальнейших исследований можно назвать моделирование концентраторов, состоящих из большего количества цилиндрических facets, и исследование их технико-экономических параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гременок В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2007. – 222 с.
2. Игнатищев, Р. Энергетическая и экспортная проблемы / Р. Игнатищев. - Минск – Могилёв: Палата представителей Национального собрания Республики Беларусь, 1997. – 45 с.
3. Андреев В.М. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения/ Андреев В.М., Грилихес В. А., Румянцев В. Д. – Л.: Наука, 1989. – 310 с.
4. Воскресенская С.Н. Разработка схем концентрации солнечного излучения на двухсторонних фотоэлементах/ Воскресенская С.Н.// Відновлювальна енергетика XXI століття: сб. науч.тр. – АР Крым, 2011. – С. 185 – 189.
5. Пат. 45399 Україна, МПК⁷ F24J2/06. Концентратор сонячної батареї/ Воскресенська С.М., Дворецкий О.Т.; заявник і патентовласник Національна академія природоохоронного і курортного будівництва. – № u200905356; заявл. 28.05.2009; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21. – 12 с., іл.
6. Concentrating Collectors [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.powerfromthesun.net/Book/chapter09/chapter09.html>.
7. Finally Facts [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://finallyfacts.blogspot.com/2010/07/stirling-energy-systems-inc-shooting-to.html>.
8. ASME.ORG. Optical Analysis of the Fixed Mirror Solar Concentrator by Forward Ray-Tracing Procedure [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://solarenergyengineering.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1458933>.
9. Воскресенская С.Н. Моделирование концентратора солнечного излучения из facets с образующей – кривой второго порядка / С.Н. Воскресенская // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч.тр. Вып. 41. – Симферополь, 2012. – С. 65–69.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО НОВЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АВАРИЙНОЙ ПОДПИТКИ ВОДОЙ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Одесский национальный политехнический университет, Украина

Аннотация. Рассмотрены дополнительные возможности предотвращения последствий технологически аномальных и экологически небезопасных процессов в оборудовании ядерных энергетических установок благодаря новым техническим предложениям по усовершенствованию систем аварийной подпитки оборудования реакторных установок для проектируемых и строящихся энергоблоков АЭС. Представлены технические решения, позволяющие увеличить эффективность отвода вырабатываемого в реакторе тепла посредством упреждающей или оперативной аварийной добавки водных сред в теплообменные аппараты вводимых в строй сооружений.

Ключевые слова: строительство энергоблоков АЭС, теплообменные процессы, аварийная подпитка водных сред, турбоприводы питательных насосов.

Анотація. Розглянуто додаткові можливості запобігання наслідків технологічно аномальних і екологічно небезпечних процесів в обладнанні ядерних енергетичних установок завдяки новим технічним пропозиціям щодо удосконалення систем аварійного підживлення обладнання реакторних установок для енергоблоків АЕС, що проектується та будуються. Представлені технічні рішення, що дозволяють збільшити ефективність відведення вироблюваного в реакторі тепла за допомогою попереджувальної або оперативної аварійної добавки водних середовищ в тепломасообмінні апарати споруд, що вводяться в дію.

Ключові слова: будівництво енергоблоків АЕС, тепломасообмінні процеси, аварійна підживлення водних середовищ, турбоприводів живильних насосів.

Abstract. Considered additional opportunities to prevent the consequences of technologically abnormal and environmentally unsafe processes in equipment of nuclear power units due to new technical proposals for the improvement of systems of emergency feeding of reactor units equipment designed and constructed NPPs. Presents the technical solutions that improve efficiency of discharge produced in a reactor heat by pre-emptive or operational emergency addition of water environments in the heat and mass transfer devices of commissioned facilities.

Key Words: NPP construction, heat and mass transfer processes, emergency feed water environments, turbine feed pumps.

Введение. Проектирование и строительство новых, усовершенствованных, энергоблоков АЭС относится к актуальным вопросам ресурсосбережения и экологической безопасности многих регионов. Характерным примером является Крымский полуостров, решить проблему энергодефицитности которого в недавнем прошлом планировалось за счет возведения 4 энергоблоков Щелкинской (Крымской) атомной электростанции. Как известно, строительство Крымской АЭС, начавшееся в 1975 году, не удалось завершить (после аварии

на Чернобыльской АЭС в 1986 г. работы были приостановлены, а введение моратория на строительство новых энергоблоков АЭС в 1990 г. не оставило надежд на реализацию этого проекта). Альтернативой атомным энергоблокам являются тепловые электростанции, на которых даже при работе в неаварийных режимах эксплуатации, суммарные годовые выбросы вредных веществ (сернистого газа, оксидов азота, оксидов углерода, альдегидов и золы пыли) в расчете на 1000 МВт установленной мощности, по приближенным оценкам, составляют от 13000 т (на газовых ТЭС) и до 165000 т (на пылеугольных ТЭС). Бесспорным экологическим преимуществом АЭС является отсутствие подобных, систематически загрязняющих окружающую среду, выбросов.

В новых исторических условиях строительство АЭС во всем мире рассматривается как экологически обоснованная перспектива при условии обеспечения их безопасного функционирования даже в аварийных режимах. Снижение риска развития экологически опасной (неуправляемой) аварии, связанной с неэффективным отведением тепла от ядерного реактора, возможно на основе использования систем, направленных на дополнительную активизацию теплообмена в оборудовании энергетической установки. Важной особенностью современных проектов АЭС является то, что для систем, выполняющих функции отвода тепла предусмотрена возможность их пассивной работы в течение длительного времени – без привлечения дополнительных энергетических источников и технических средств. Так, к пассивной части комплексной системы безопасности новых энергоблоков относится внедряемая в последние годы система пассивного отвода тепла (СПОТ) от парогенераторов, в свою очередь длительно принимающих тепловую энергию, вырабатываемую в ядерном реакторе – поскольку мгновенное прекращение тепловыделения в активной зоне реактора невозможно ни при каких условиях и альтернативная утилизация тепла, предназначенного для выработки подаваемого на турбину пара, является необходимой мерой.

Функционирование СПОТ в принципе не зависит от работоспособности другого оборудования и может осуществляться даже при полном электрообесточивании энергоблока, однако эффективность этой системы существенно зависит от достаточного снабжения водой парогенераторов. На ранее введенных в эксплуатацию АЭС штатная подпитка парогенераторов осуществляется за счет роторных насосов с электроприводом, что делает систему подпитки ненадежной, не позволяющей максимально реализовать возможности СПОТ в условиях электрообесточивания энергоблока и достичь востребованного уровня безопасности основного оборудования реакторных установок АЭС.

Анализ публикаций. Обзор опубликованной информации об аварийных событиях на объектах атомной энергетики, построенных в предшествующие годы, позволяет понять, что основной причиной развития неуправляемых аварий становится потеря теплоносителя из-за разгерметизации элементов оборудования циркуляционных контуров, призванных обеспечивать в нормальных условиях теплообмен на основе использования достаточного количества водных сред. Первичной причиной, которая способна привести со временем к аварийной разгерметизации оборудования, может стать поначалу консервативное и

относительно безопасное (предаварийное) нарушение теплоотвода, например, из-за теплогидравлической неустойчивости, если такого рода аномалии не будут своевременно обнаружены и устранены. Подобные процессы могут развиваться постепенно на фоне относительно малых течей, не нарушающих нормальную эксплуатацию установки. Пока процессы неустойчивости, проявляющиеся в виде низкочастотных колебаний расхода теплоносителя, остаются невыраженными (скрытыми, латентными), такие малые течи поначалу вполне могут быть скомпенсированы с помощью подачи в контур дополнительных водных сред, чем может быть достигнута стабилизация теплогидравлических процессов и обеспечено дальнейшее безаварийное управление энергоблоком. Обзор литературы [1-5] показывает, что надежная подпитка оборудования, функционально отвечающего за тепломассообмен, является важным фактором безопасности энергоблоков АЭС.

Цель и постановка задач. Целью работы является повышение безопасности строящихся энергоблоков АЭС путем усовершенствования системы аварийной и предаварийной подпитки основного оборудования реакторных установок. Эта цель определила задачи: во-первых, – изучить возможность использования дополнительных (по отношению к штатным, имеющимся на АЭС) технических средств ослабления вероятных негативных эффектов нарушения гидравлических и тепловых режимов функционирования энергооборудования; во-вторых, – разработать систему обеспечения надежной подпитки основного оборудования реакторных установок планируемых к строительству энергоблоков; в-третьих, – предложить технические решения, необходимые для эффективной работы приводов насосов подпитки в условиях электрообесточивания энергоблоков – как строящихся, так и реконструируемых.

Методика исследования. Методика проведенного исследования последовательно предусматривала: проведение анализа штатных средств АЭС и вариантов технического обеспечения подпитки основного (тепломассообменного) оборудования энергоблока; выбор главного направления в разработке принципов проектирования и конструирования альтернативных технических средств; разработку эффективных систем организации подпитки водных сред с помощью насосного оборудования с неэлектрическим приводом и исследование возможности использования турбопривода, работающего на вырабатываемом парогенераторами АЭС влажном паре; исследование возможности разработки комбинированного турбопривода, сочетающего достоинства лопаточных турбин и турбин трения; разработку, стендовое (физическое) моделирование и экспериментальное исследование турбины трения как элемента комбинированного турбопривода насосов подпитки – в качестве сепаратора влажного пара и одновременно буферного элемента, предвключенного традиционной лопаточной турбине в составе комбинированного турбопривода. Данная методика предусматривала многовариантную разработку технических предложений с использованием предварительного математического анализа элементов разрабатываемых конструкций и их практическую (экспериментальную) реализацию на основе конструирования специализированного экспериментального стенда для проведения исследований. В соответствии с этой методикой были предложены различные конструктивные исполнения турбины трения и в качестве базовой модели была

принята дисковая конструкция. При реализации всех указанных методических этапов учитывалось, что важным обстоятельством в условиях функционирования оборудования АЭС в предаварийных и аварийных режимах является необходимость срабатывания исполнительных механизмов (приводов) с достаточным быстродействием и высокой надежностью их включения в работу.

Результаты и их анализ. В ходе исследований были получены результаты, позволившие выработать ряд технических предложений, которым относится насосный агрегат с комбинированным турбоприводом, характеризующийся сокращенным временем включения в работу [6]. В основе конструктива такого турбопривода лежит применение технического решения, рассматриваемого нами в качестве базового при проведении дальнейших стендовых экспериментов, предусматривающего закрепление на общем валу дисковой турбины типа турбины Теслы и лопаточной турбина Лаваля [7], как это показано на рис. 1.

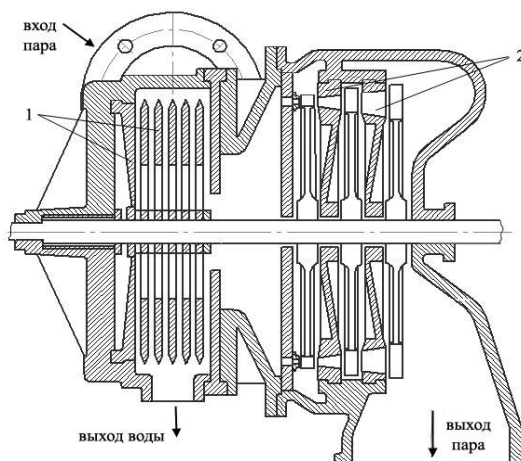


Рис.1. Принципиальная конструкция комбинированного турбопривода для системы надежной подпитки теплообменного оборудования реакторных установок проектируемых и строящихся АЭС [7]:

1 – дисковая турбина, 2 – лопаточная турбина.

Данное техническое предложение запатентовано. Результаты физического моделирования элементов описанной конструкции представлены на рис.2. Представленные на рисунке конструктивные элементы спроектированы и изготовлены силами авторов на базе лабораторного машинного зала кафедры АЭС ОНПУ.

Анализ показывает, что конструкция (рис.1 и рис.2), предусматривающая предвключение дисковой турбины по отношению к лопаточной, позволит упростить и ускорить решение задачи аварийного запуска насосов подпитки, поскольку особенности турбины трения позволяют использовать неподготовленный (несепарированный) пар непосредственно от парогенераторов. Более того – повышенные значения коэффициентов трения, свойственные несепарированному (влажному) пару, может обеспечить минимизацию постоянной времени (крутизну кривой разгона) и сокращение времени переходного процесса при запуске агрегата. Интерес представляет

также то, что такая конструкция позволяет совместить в одном корпусе турбину и сепаратор жидкой фазы двухфазного потока: это позволит просто и надежно подавать на лопаточную турбину пар, практически лишенный водной фазы [8].

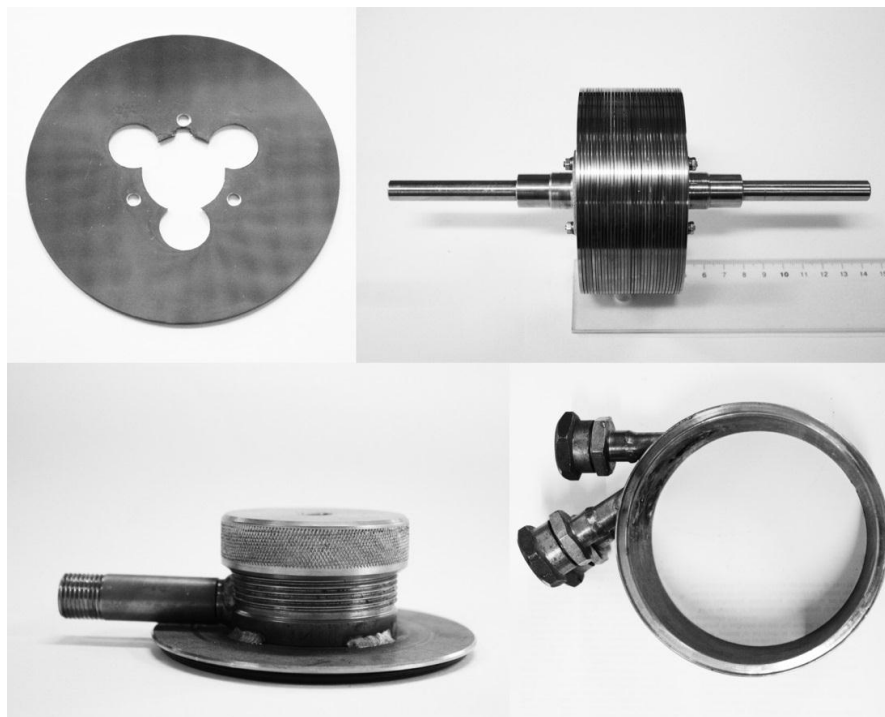


Рис.2. Элементы экспериментальной конструкции исследовательской установки лабораторного машинного зала кафедры АЭС ОНПУ

Анализ возможности внедрения предложенного технического решения на действующих и планируемых к строительству энергоблоках показывает, что оперативное включение описанного агрегата, предназначенного для использования в системе подпитки теплообменного оборудования, целесообразно обеспечить средствами автоматизации. Исходя из этого, как вариант, может быть принята структурная схема автоматической системы запуска исполнительных механизмов, обеспечивающих предаварийную или аварийную подпитку технологических водных сред, которая представлена на рис.3. Эта система предусматривает использование в качестве сигнальной информации значений запасов теплогидравлической устойчивости потоков, движущихся в каналах теплообменного оборудования. Для определения значений указанных запасов до потери устойчивости – вплоть до срыва теплообмена и возникновения течей, способных привести к разрушению сооружений – могут использоваться флуктуации режимных параметров и их спектральная обработка для получения частотных передаточных функций по ранее разработанному нами алгоритму [9].

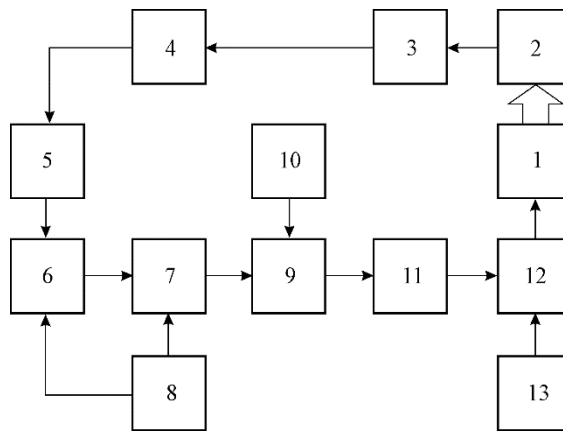


Рис.3. Структура автоматической системы запуска режима подпитки [9]:

1 – нуждающийся в подпитке технологический элемент; 2 – система датчиков флуктуаций режимных параметров; 3 – система спектрального анализа измерительных сигналов; 4 – блок цифровой обработки спектральных характеристик; 5 – блок вычисления значений частотных передаточных функций; 6 – анализатор запасов стабильности теплогидравлических процессов; 7 – компаратор; 8 – задатчик базовых уставок; 9 – быстродействующий нормально-закрытый автоматический клапан; 10 – источник неподготовленного пара; 11 – специализированный паровой турбопривод; 12 – насосный агрегат; 13 – резервуар подпиточной (подготовленной) воды.

Поскольку планируемое развитие атомной энергетики, основанной на проектах российских разработчиков (проектах, применяемых, в частности, и в Украине) в ближайшей перспективе будет осуществляться, прежде всего, на основе строительства энергоблоков по проекту «ВВЭР-ТОИ» (типового оптимизированного информатизированного варианта энергоблока на базе ядерного реактора ВВЭР, составляющего основу всех ныне действующих энергоблоков, построенных в Украине), концепция предлагаемой системы также должна учитывать тенденции использования принципов более полной информатизации оборудования, применяемого на АЭС в целях повышения безопасности. Исходя из этого, при проектировании системы подпитки, эффективно дополняющей СПОТ, следует учитывать, что сигналом для автоматического открытия клапана паропровода для пуска турбонасоса подпитки в простейшем случае может служить совпадение текущих запасов стабильности теплообмена – с заданными опорными значениями. В то же время, заметим, что простое сравнение осредненных значений режимных параметров (без определения запасов диагностическими средствами) с их аварийными уставками может вызывать срабатывание системы подпитки с задержкой – лишь по факту развития аварийного процесса, а не в режиме упреждения такового, и поэтому не является оптимальным. Применение же информатизированной и автоматизированной системы запуска предложенной системы подпитки, может обеспечить оптимизацию ее применения, что должно способствовать большей безопасности строящихся и вводимых в эксплуатацию энергоблоков АЭС.

Выводы. 1. Обоснована необходимость и исследована возможность создания для планируемых к строительству АЭС специализированной системы

подпитки тепломассообменного оборудования реакторных установок на основе использования комбинированного турбонасосного агрегата, конструктивно содержащего в общем корпусе лопаточную турбину и предвключенную ей дисковую турбину трения. Конструкция агрегата запатентована.

2. Разработана экспериментальная модель дисковой турбины трения, применимой в качестве составной части комбинированного турбопривода насосного агрегата системы подпитки, а также основы ее конструктивного исполнения. Проведено опытное проектирование и стендовое конструирование элементов предложенного устройства, даны рекомендации по проектированию и использованию промышленных систем подпитки тепломассообменного оборудования АЭС.

3. Предложена структурная схема следящей автоматической системы подпитки, предусматривающая информатизированное сопровождение работы оборудования путем раннего выявления скрытых тенденций нарушения режимов нормальной эксплуатации энергоблоков АЭС на основе диагностического анализа флуктуаций режимных параметров. Предложенные технические решения могут быть использованы при строительстве новых энергоблоков АЭС повышенной безопасности.

Список литературы

1. Walker Samuel J. Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective // Berkeley: University of California Press, 2004. – P. 231.
2. Билей Д.В. и др. Опыт АЭС Фукусима-1 для повышения экологической безопасности атомной энергетики Украины / Билей Д.В., Ващенко В.Н., Злочевский В.В., Погосов А.Ю., Скалозубов В.И., Шавлаков А.В. К.: Гос.академия последипломного образования, 2012. –194 с.
3. Погосов А.Ю., Кравченко В.П. Анализ влияния инцидентных факторов на развитие аварийных событий с разрушением активных зон реакторов АЭС в сейсмоопасных регионах // Ядерна енергетика та докiлля, №1, 2013. – С.63-67.
4. Погосов А.Ю. Диагностика скрытой динамики процессов в реакторных установках АЭС. Одесса: наука и техника, 2013. – 288 с.
5. Королев А.В. Повышение теплотехнической надежности оборудования АЭС // Труды Одесского политехнического университета. Вып.1(29). 2008. – С. 103-105.
6. Деревянко О.В., Королев А.В., Погосов А.Ю. Экстраординарные теплогидравлические процессы ЯЭУ и энерго-информационные возможности их автоматической аттенюации //Международный научно-исследовательский журнал. Ч.1 № 12 (19). – 2013, С.79-81
7. Патент України на корисну модель: Комбінований турбопривід насоса для подачі водних середовищ/ по заявці № u 201402481, – рішення Українського Інститута промислової власності про видачу патента від 03.06.2014.
8. Деревянко О.В., Королев А.В., Погосов А.Ю. Предаварийные физические процессы и надежный теплоотвод в ядерных энергоустановках. Одесса: Наука и техника, 2014.– 264 с.
9. Королев А.В., Деревянко О.В., Погосов А.Ю. О выявлении латентных факторов, требующих превентивного срабатывания специализированной системы подпитки водных сред ЯЭУ// Энергетика та електрифікація, 2014, № 4 (368), С.44–50.

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИВУЧЕСТИ МАССИВНЫХ БУТОБЕТОННЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ОСНОВАНИЯ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: karta3@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены причины и виды повреждения основания массивных подпорных стен. Выбран программный комплекс, расчётная модель и методика для проведения численных экспериментов. Приведены некоторые результаты численных экспериментальных исследований, дан их анализ. Выявлены основные особенности напряженно-деформированного состояния системы «грунт-подпорная стена-основание» при заданных локальных повреждениях основания. Определено влияние повреждения основания на живучесть подпорных стен.

Ключевые слова: живучесть, повреждения основания, стойкость к прогрессирующему разрушению, программный комплекс Plaxis, массивная подпорная стена.

Введение. Массивные подпорные стены занимают лидирующее положение в распространении по территории Крыма и используются для удержания откосов грунта и оползней. В большинстве случаев они выполнены из бутовой кладки, реже встречаются сборные и монолитные железобетонные конструкции. Широкое распространение данных сооружений связано с относительно низкой стоимостью, простотой возведения и универсальностью.

В последние годы увеличилось количество аварий массивных подпорных стен, основными причинами которых стали запредельные нагрузки на сооружения со стороны грунта засыпки, повреждения самих сооружений и грунтового основания [1]. Последняя причина встречается наиболее часто, и требует проведения целенаправленных исследований для выявления ее влияния на напряженно-деформированное состояние сооружения и грунтового основания, разработки мероприятий по повышению живучести системы «грунт-сооружение-грунтовое основание».

Анализ публикаций. Исследования в области работы массивных подпорных стен во взаимодействии их с грунтом проводились на протяжении многих лет. Наиболее известны работы М.И. Горбунов-Посадова, О.Я. Шехтера, Г.К. Клейна, Н.К. Снитко, С.И. Алексеева, Н.И. Безухова, В.П.Кожушко, П.И.Яковлева, и др. Вместе с тем авторы рассматривали работу сооружений преимущественно в рамках предельных состояний, не допускающую возможность возникновения повреждений в основании.

Исследования в области прогрессирующего разрушения сооружений, обеспечения их живучести при запредельных воздействиях и повреждениях активно проводятся такими учеными, как: Н.С. Стрелецкий, Н.П. Абовский, В.И. Колчунов, Г.А. Гениев, Г.И. Шапиро, В.И. Травуш, Н.В. Ключева, А.В. Перельмутер, П.Г. Еремеев, Б.С. Расторгуев, В.М. Бондаренко, Я.М. Айзенберг, Ю.И. Кудишин, В.О. Алмазов, А.И. Плотников, А.Г. Тамразян, В.М. Ройтман,

С.В. Доронин, В.В. Тур, В.К. Востров, Ю.П. Назаров, В.Н. Симбиркин и др. При этом вопросы живучести конструкций, взаимодействующих с грунтом, и подпорных стен в частности не изучались.

Цель и постановка задач. Цель работы: на основании анализа проведенных численных исследований выявить особенности напряженно-деформированного состояния и потери живучести системы «грунт - подпорная стена - основание» при возникновении повреждений основания.

Задачи работы:

- Определить причины и виды повреждения основания массивных подпорных стен;
- Обосновать некоторые параметры расчетной модели для проведения численного эксперимента;
- Проанализировать результаты численного эксперимента и выявить закономерности влияния повреждения основания на живучесть сооружения.

Методика исследования. Методика исследования включала численный эксперимент, анализ экспериментальных исследований.

Результаты и их анализ. В Крыму в последнее десятилетие произошло значительное количество аварий массивных подпорных стен, связанных с повреждением основания сооружения. Некоторые из них:

- Керчь, 2007 г. – из-за нарушения правил проведения земляных работ на участках горы Митридат и продолжительных осадков произошло разрушение подпорной стены, обвалившейся на две автомашины;
- Дорога на Ай-Петри, 2008 год, в 200 метрах от выезда на горное плато, произошло обрушение участка подпорной стены, потерявшего локальную устойчивость. В образовавшийся вывал просочился грунт.
- Алушка, сентябрь 2008 г. – вследствие проведения земляных работ у массивной подпорной стены из бутобетона произошла авария сооружения с повреждением канализационного коллектора и утечкой канализационных вод в объеме 7 тыс.м³ в море;
- 51-м километр автодороги Ялта-Бахчисарай, сентябрь 2012 г. – обрушение участка подпорной стены из-за подмыва грунта основания после дождей. Временно остановлена эксплуатация дороги;
- г. Ялта, пансионат «Крымский», январь 2013 г. - обрушение подпорной стены на участке проведения строительных работ. В результате аварии произошло обрушение грунта и обрыв линия электропередачи высокого напряжения. Без электроэнергии остались 150 семей;
- пгт. Гаспра, 2014 г. – разрушение подпорной стены вдоль Алушкинского шоссе с обрушением участка дороги из-за потери устойчивости участка основания подпорной стены при активизации склоновых процессов. Остановлено движение по трассе.

Изучение этих и других аварий подпорных стен позволило выделить следующие основные причины локальных повреждения оснований:

- механические повреждения, вызванные производством земляных работ, в том числе устройством траншей, планировкой территории и т.д.
- повреждения, связанные с изменением физико-механических характеристик грунта основания, в том числе с увлажнением грунта, суффозией, и т.д.
- повреждения, вызванные склоновыми процессами, затрагивающие прежде всего грунт, расположенный перед и под подпорной стеной (осыпями, обвалами, водной эрозией грунта, смывом, размывом, подмывом грунта и т.д.).

Для проведения численного эксперимента по изучению влияния повреждений основания на живучесть подпорных стен был выбран программный комплекс Plaxis 3D, хорошо зарекомендовавший себя в геотехнических расчетах, в том числе связанных с взаимодействием сооружения с грунтом [2]. В численном эксперименте использовался грунтовый массив, сложенный суглинками. Толщина подпорной стены у фундамента составляла 1,2 м, высота - 4м, длина участка стены - 10 м, глубина заложения фундамента в грунт - 1 м.

Учитывая, что в реальных условиях характеристики повреждения основания являются неопределенными и сложно прогнозируемыми, при моделировании варьировались следующие их основные свойства: геометрические параметры (длина и глубина), расположение относительно центра стены и характеристики грунта на поврежденном участке (измененные физико-механические характеристики грунта либо отсутствие грунта). Рассматриваемый численный эксперимент включал исследования работы континуальных подпорных стен при повреждениях грунтового основания перед и под стеной в средней части сооружения. При этом в качестве повреждения основания принималось полное удаление грунта на рассматриваемом участке, как наиболее критический вариант работы системы.

Повреждения в основании (выемки) моделировались в ПК «Plaxis 3D» путем задания их формы на поверхности грунта и дальнейшей экструзии грунтового массива. В процессе эксперимента полученным объемам первоначально присваивались свойства грунта основного массива, которые на определенном этапе эксперимента обнулялись. Расстояние от подпорной стены до задаваемых повреждений составляло 0 м, ширина повреждений – 4 м, глубина выемок: 1,0 м и 2,0 м. При этом выемка глубиной 2 м имела на отметке ниже фундамента стены ширину 2 м и распространялась под стену. Повреждения в основании задавались последовательно. В исследованиях были проанализированы: эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в подпорной стене, деформации и напряжения в грунтовом массиве.

Как видно из рисунка 1, введение повреждений активизировало дополнительные деформации грунтового массива, что привело к увеличению крена стены.

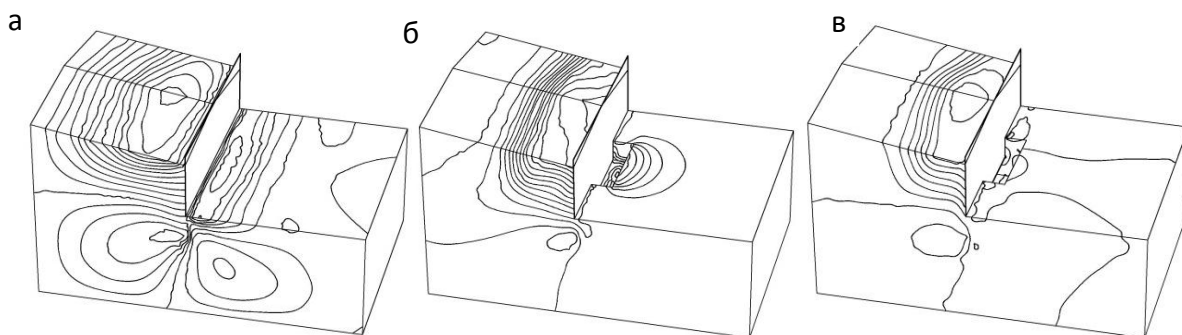


Рис.1. Деформация грунтового массива без повреждений (а) и дополнительные деформации в массиве по оси «х» при введении неглубокого и глубокого повреждения (б, в)

Введение неглубокого повреждение в грунтовое основание привело к росту величины максимального положительного изгибающего момента в стене M_{22} на 3,2 %, а увеличение глубины повреждения с развитием его под стену - к повышению момента M_{22} на 33% (рис.2). Одновременно изменялось поле распределения изгибающего момента (рис.3). Так при отсутствии повреждения, максимальный положительный изгибающий момент M_{22} наблюдался в центральной части стены в уровне поверхности грунта перед стеной. Введение повреждений привело к его перераспределению от центра к краям стены. Отрицательные значения момента M_{22} имели незначительную величину и мало изменялись в эксперименте (рис.2).

Увеличение максимального положительного изгибающего момента M_{11} при повреждении небольшой глубины составило 3,5% (рис.2). При этом в 2,03 раза возрос отрицательный изгибающий момент, имевший изначально небольшое значение. При повреждении большой глубины преобладающим стал отрицательный изгибающий момент M_{11} . В итоге увеличение положительного момента составило 2,4 раза, а отрицательного 7,36 раз. Максимальные положительные значения момента M_{11} достигались у повреждения, а отрицательные значения на удалении к краевым зонам стены (рис. 3, г-е).

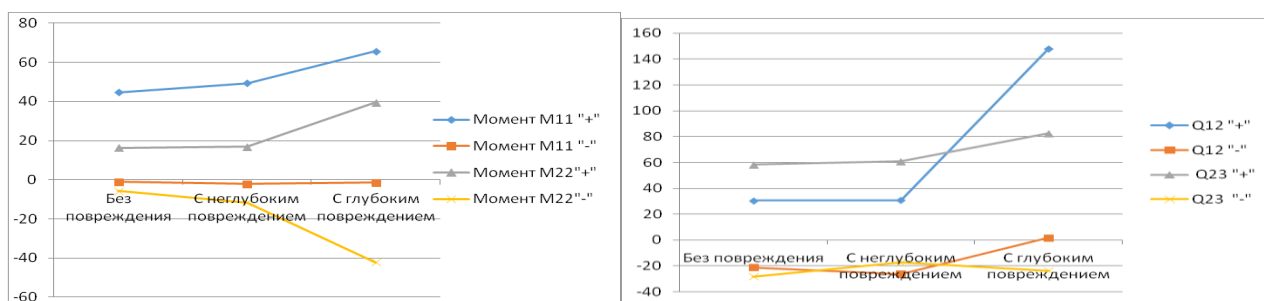


Рис.2. Изменения максимальных усилий в подпорной стене при повреждениях в грунтовом основании

Наиболее высокий уровень в стене, как без повреждения, так и с повреждениями основания, был достигнут изгибающим моментом M_{22} . Вместе с тем при глубоком повреждении основания изгибающий момент M_{11} продемонстрировал наибольший рост и приблизился по значению к моменту M_{22} . Высокие значения момента M_{11} наблюдались как с положительным, так и с отрицательным знаком. В связи с этим, можно сделать вывод, что локальное повреждение основания могут являться одной из причин возникновения вертикальных трещин в континуальных подпорных стенах, традиционно не имеющих достаточного армирования в горизонтальном направлении для восприятия возникающих усилий.

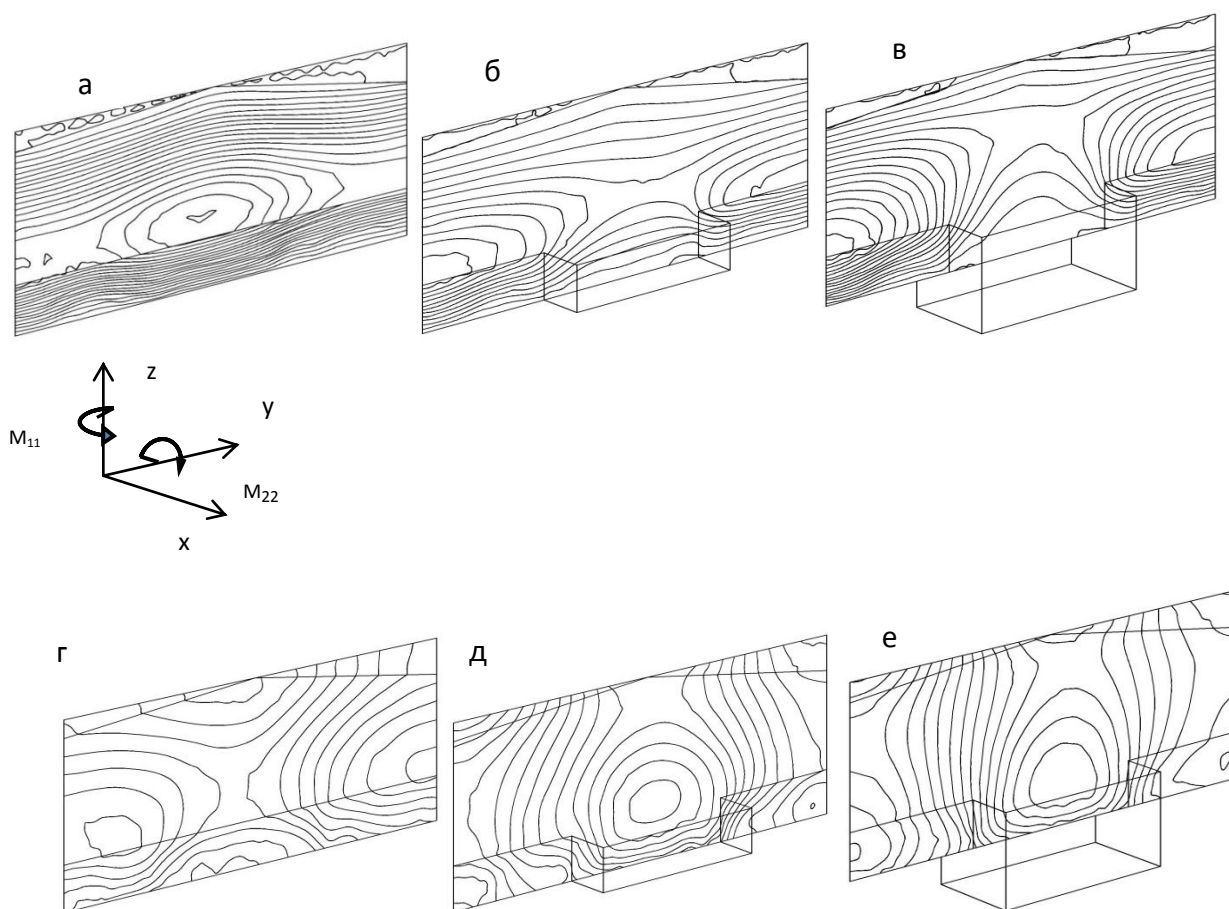


Рис.3. Поля изгибающих моментов в стене: а-в - M_{22} , г-е - M_{11}

Существенный рост поперечных сил Q_{12} в стене, достигший 4,85 раз, наблюдался только при введении глубокого повреждения основания (рис.2, 4). Поперечные силы Q_{23} при введении глубокого повреждения возросли в 1,42 раза. При отсутствии повреждений максимальная поперечная сила Q_{23} концентрировалась ниже уровня поверхности грунта перед сооружением, равномерно распределяясь по длине стены (рис.4). При введении повреждений, концентрация Q_{23} наблюдалась в том же уровне, но на участках за пределами повреждения.

Сравнение величины поперечных сил в стене показало, что при отсутствии повреждений в грунте или повреждениях небольшой глубины

преобладающими являлись поперечные силы Q_{23} , а при введении глубоких повреждений – поперечные силы по оси Q_{12} .

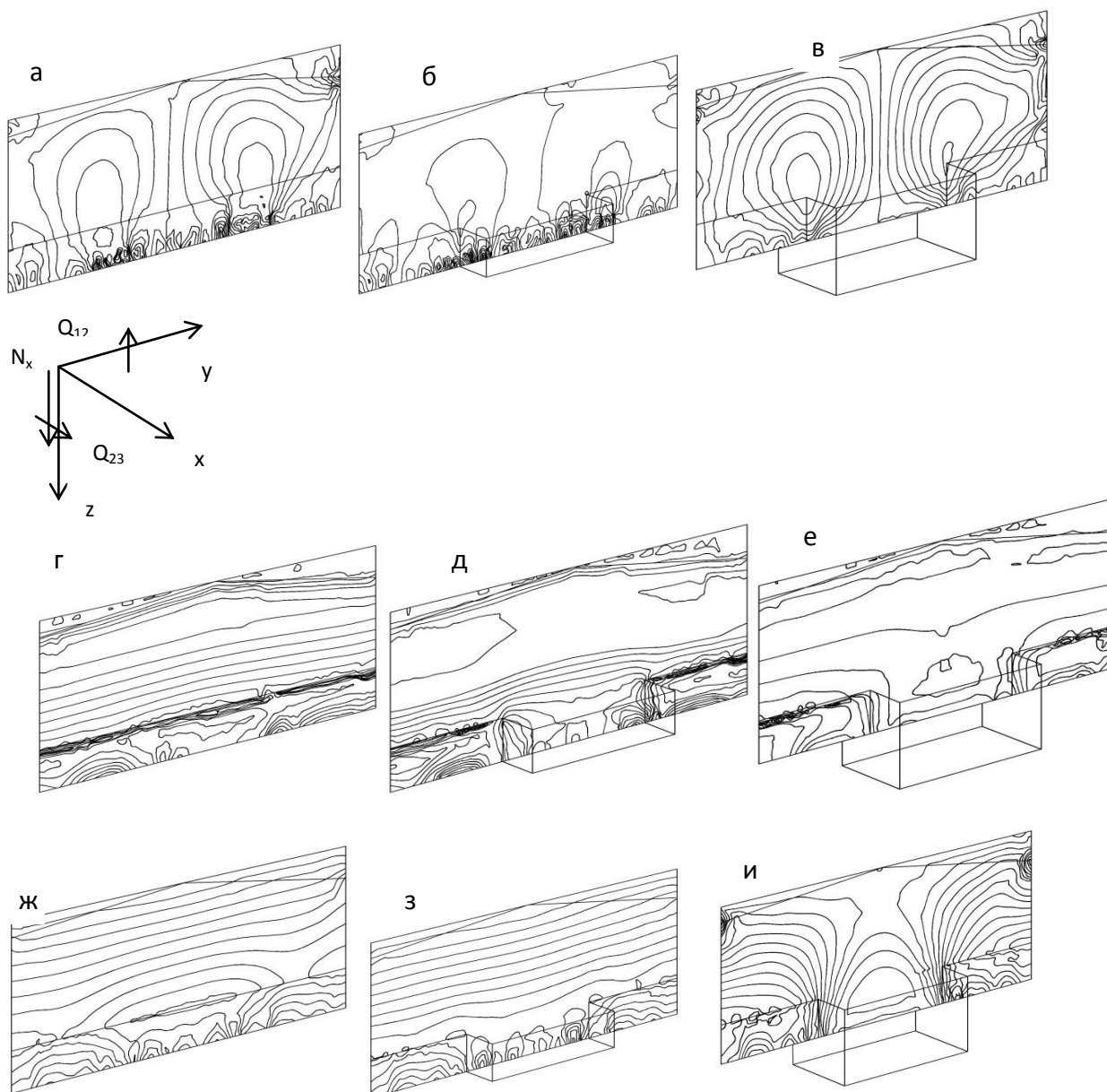


Рис.4. Поле поперечных и продольных сил в стене: а-в - Q_{12} ; г-е - Q_{23} ; ж-и - N_z

Изучение продольных сил N_z в стене позволило установить, что в нижней части стены у глубокого повреждения возникало растяжение. На рис. 4,и прослеживается образование арочного эффекта и участка растяжения в стене над повреждением. Вертикальное растяжение в стене в сочетании с концентрацией поперечных сил и изгибающих моментов на участке над повреждением создает условия для развития низких вывалов в сооружении.

Увеличение максимальной величины сжимающей продольной силы в эксперименте составило 1,43 раза с концентрацией на участках вне повреждения. Соответственно увеличилась нормальные контактные напряжения в грунте, что при определенных условиях может привести к потере

устойчивости участков основания и дальнейшего изменения напряжений в сооружении.

Выводы. Введение повреждений в грунтовое основание у средней части подпорной стены приводит к изменению характера работы системы «грунт – сооружение – грунтовое основание». Среди основных изменений можно выделить:

- Увеличение крена и смещения стены, дополнительные деформации грунта засыпки и основания;
- Возрастание величины изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в конструкции стены, а на отдельных участках – их знака;
- Создание условий для образования низких вывалов и вертикального трещинообразования;
- Возрастание нормальных контактных и других напряжений в грунте на участках грунтового основания за пределами повреждения.

Для подпорной стены глубокие повреждения, расположенные ниже отметки подошвы фундамента и заходящие под фундамент, являются более опасными, чем неглубокие повреждения, в связи с большей степенью их влияния на работу системы.

Возникновение повреждений в основании подпорной стены может привести к потере живучести системы «грунт – сооружение – грунтовое основание» за счет: разрушения конструкции при превышении усилиями несущей способности; опрокидывания или сдвига сооружения; образование вывалов с дальнейшим просачиванием грунта.

Список литературы

1. Дьяков И. М. Некоторые аспекты оценки живучести удерживающих конструкций и подпорных стен / И. М. Дьяков // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2013. — Вып. 45. — С. 24—28.
2. Определение напряженно-деформированного состояния откосов и склонов в системе «Plaxis»/Под ред. Гришина В.А. –К.: НДИ Подземспецстрой, 2012.-118 с.

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИВУЧОСТІ МАСИВНИХ БУТОБЕТОННАЯ ПІДПІРНИХ СТІН ПРИ ЛОКАЛЬНИХ УШКОДЖЕННЯХ ПІДСТАВИ

І.М.Дьяков

Анотація. Розглянуто причини та види пошкодження основи масивних підпірних стін. Обраний програмний комплекс, розрахункова модель і методика для проведення чисельних експериментів. Наведено деякі результати чисельних експериментальних досліджень, їх аналіз. Виявлено основні особливості напружено-деформованого стану системи «грунт - підпірна стіна - основа» при заданих локальних пошкодженнях основи. Визначено вплив пошкодження основи на живучість підпірних стін.

Ключові слова: живучість, пошкодження основи, стійкість до прогресуючого руйнування, програмний комплекс Plaxis, масивна підпірна стіна.

V.M. Zhelyh, Ph.D., Assoc.;
A.I. Dzeryn, assistant;
Y.V. Furdas, Ph.D., assistant

COST-EFFECTIVENESS OF COMBINED HEATING AGRICULTURAL SYSTEMS

"Lviv Polytechnic", Ukraine

Abstract. Established feasibility of implementing combined heat supply systems for piggeries with shops and sow pigs. Recommended use bioreactors for recycling organic waste and getting alternative energy - biogas. Defined technical and economic performance of conventional and combined heating systems.

The research results are presented in tabular form.

Key Words: combined heating, infrared heater, bioreactor, biogas, heating pad, heating pad.

The relevance of the work. Currently, Ukraine is a country that is partly provided by traditional forms of energy and had a large part of it imported. This leads to an increase in the price of the original products, both in industry and in agriculture.

The bulk of the energy consumed for heating farm buildings and maintenance processes.

The wide use today came of air and water heating. However, these systems do not effectively provide the necessary temperature settings area being animals. Thus, the application of modern agricultural techniques heating systems, such as the use of combined heating systems are highly relevant practical goal.

The aims and objectives of the study. Make a comparison of traditional and energy efficient heating systems of agricultural systems. Determine the feasibility of comparative figures.

Policy research and analysis. Research conducted for piggeries size 77h14 m with traditional and innovative energy saving technologies which are based was the use of combined systems and biogas plants. In this room there are 96 shops in size 2,1 x2,3 m each of which provides a combined heating system. For that used background heating indoor air pigsty heating combined with tidal mechanical ventilation. Temperature is maintained within the system 16 - 18⁰C.

Local heating zone being sows was provided heating pad, and the temperature in this zone is within 16 - 20⁰C. Temperature range area stay piglets was 22 - 30⁰C and was provided with a heating mat and infrared heater.

An important issue is energy efficient use of biogas as a product of anaerobic fermentation of organic agricultural waste. Biogas plants make it possible to largely offset the demand for natural gas for heating agricultural systems.

Biogas plant is the design of the tank with equipment for the production of biogas. To the main equipment of biogas plants include: bioreactor, a collection substrate gasholder (vehicle accumulation of biogas), heat exchangers and consumer biogas. Some technological schemes can further be used cleaner biogas and sludge drying.

Metanoutvorennyya process is the result of anaerobic fermentation. It should be noted that the mesophilic mode requires less heat energy costs, but with the schedule of raw materials is slower. Thermophilic regime requires more heat costs, but provides higher biogas yield. The resulting biogas is used to heat the bioreactor needs and agricultural sector. Excess biogas sold other users, thus a source of additional income.

In addition, during metanoutvorennyya decomposes organic matter resulting biogas obtained except environmental friendly fertilizer. This product is being implemented with the aim of generating a profit from pig farm operation.

Of the heating pig with piglets and sows workshops presented in Figure 1.

According to process the sow is in the shop for three months. Of these, one month prior to gestation, the temperature during this period was maintained at 15-17 °C and two months after the pigs, the temperature rose to 20 °C. To ensure these conditions established in the seat of the sows electric heating pad (2).

In the place of holiday piglets heating pad set (3), the temperature of which will gradually decrease to the extent of growth of pigs from 30 to 22 °C. Infrared heater (4) mounted on the trough for feeding pigs, whose power is varied within 500 - 1500 watts and installation height of 0.8 to 1.4 m.

The optimum temperature and humidity, and the concentration of harmful gases in the shop piglets and sows are supported by adequate ventilation. Air through perforated air duct (5) was applied directly to the area being pigs and sows.

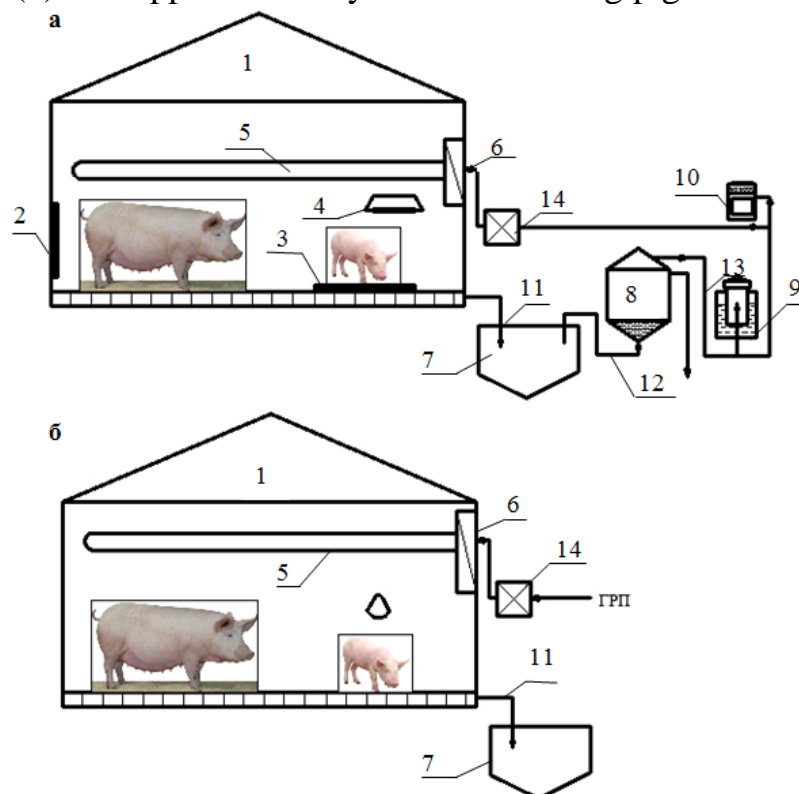


Fig. 1. Heating Scheme pig with piglets and sows shops:

a - combined heating system; b - a traditional heating system

1 - pig farm; 2 - heating pad; 3 - a heating pad; 4 - Infrared heater; 5 - perforated duct; 6 - povitrohotuvalna installation; 7 - the capacity for accumulation of pus; 8 - bioreactor; 9 - gasholder; 10 - the consumer biogas; 11 - offtake of organic waste from the pig farm; 12 - supply of organic matter in the bioreactor; 13 - withdrawal of biogas bioreactor; 14 - heat source

Calculation of economic efficiency combined heating system. In evaluating the economic efficiency of the proposed scheme takes into account heating system: basic equipment costs of the heating system, the cost of operating expenses and the cost of construction works.

Calculation of economic efficiency made by the operating technique [1, 2]. Cost-effectiveness was determined by the expression:

$$E_e = \Pi_1 - \Pi_2, \quad (1)$$

where Π_1, Π_2 – given the cost of the basic and new options (conventional air heating system and the proposed combined heating system).

Total costs are given conventional and alternative heating systems were determined from the relationship:

$$\Pi = E_e + E_H \cdot C, \quad (2)$$

where E_e – the annual amount of operating costs during the operation of the heating system, UAH / year; C - total required capital investment UAH.

E_H – statutory rate of effectiveness of capital investments for livestock E_H facilities is 0.08 1/year.

Payback period of investment is defined as follows:

$$T = \frac{|C_1 - C_2|}{|E_1 - E_2|}, \quad (3)$$

where subscript indices 1, 2 refer magnitude, respectively, the first and second option investigated.

The calculation of the annual cost of electricity for a uniform consumption are shown in Table 1.

Table 1

Calculation of annual electricity consumption

Air heating systems		Energy-efficient heating system	
Output power equipment, kW	Annual electricity consumption, t.kVt.h / year	Output power equipment, kW	Annual electricity consumption, t.kVt.h / year
4,46	189,0	4,66	568,1

Calculation of technical and economic performance of heating and air heating systems proposed, including capital, operating and annual costs on the options are summarized in Table 2.

Table of calculation of technical and economic parameters comparable heating

Indicators	Type of heating	
	The traditional system of air heating	Energy efficient heating system combined
Capital costs, UAH	244,4	256,9
Operating costs, UAH	1700,1	1620,2
A profit is from realization of biofertilizers, UAH	-	63,4
Resulted costs thousand, UAH / Year	1719,7	1640,7
Payback period, years	0,63	

Cost of mounting works determined by cost estimates for each option set. To do this, the software package used ABK-5, the cost of consumables, maintenance of machines and mechanisms, and the cost of installation works adopted in accordance with the data in a database of software system.

Conclusions. Comparison of conventional and proposed system heating farms. Expediency of the combination of the heat supply agricultural complexes with shops piglets and sows. The payback period of the proposed heating system will be 0.63 years.

Literature.

1. Metodyka oprydilenia ekonomicheskoy efektyvnosti ispolzovanie v narodnom hozyajstve novoy tehniky, izobretenij i racionalizatorskyh predlohenij. – M., 1986. – 51 s.
2. V.Y, SHEVCHYK, P.S. ROHOGYN « Osnovy investuciynoi diyalnosti».- Kyiv: Vydavnytvo «Henez», 1997.- 384 s.
3. VNTP- APK-02.05 «Svynarski pidpnyemstva », Kyiv, 2005.- 98 s.
4. Patent Ukr. na korisnu model №39425 F24D 10/00 « Opaluvalnyy pristryy dlya cehy porosyat i svynomatky ». Byul. №4 vid 25.02.2009. Zhelykh V.M., Makarukha O.I.
5. Prykladnoe ispolzovania prakticheskoy metodyky ekonomicheskoy ocenki variantov tehnicheskikh rewenij. – Perm: Perm HTU, 2001. – 26 s.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНВЕКТИВНО-РАДИАЦИОННОГО ОТОПЛЕНИЯ

¹Национальная академия природоохранного и курортного строительства

²Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Аннотация. Для исключения выпадения конденсата на внутренних поверхностях предлагается использовать комбинированную система водяного отопления с установкой низкотемпературных излучающих панелей над оконным проемом и стандартных нагревательных приборов, при этом исключение выпадение конденсата на поверхности оконных проемов достигается путем нагрева их выше температуры точки росы для данного помещения излучающей панелью, а вторая часть системы восполняет теплопотери.

Ключевые слова: система водяного отопления, излучающая панель, тепловая трубка.

Анотація. Для виключення випадання конденсату на внутрішніх поверхнях пропонується використовувати комбіновану система водяного опалення з установкою низкотемпературних випромінюючих панелей над віконним прорізом і стандартних нагрівальних приладів, при цьому виключення випадання конденсату на поверхні віконних прорізів досягається шляхом нагрівання їх вище температури точки роси для даного приміщення випромінюючої панеллю, а друга частина системи заповнює тепловтрати.

Ключові слова: Система водяного опалення, випромінююча панель, теплова трубка.

Abstract. To eliminate the condensation on the interior surfaces are encouraged to use the combined water heating system with the installation of low-temperature radiant panels over the window opening and the standard heating appliances, with the exception of condensation on the surface of the window openings is achieved by heating them above the dew point for the premises of the radiating panel and the second part of the system makes heat loss.

Key Words: Water heating system, radiant panel, heat pipe.

Введение. В Украине и мировом сообществе одной из острейших проблем современности является снижение энергетических затрат на системы поддержания требуемых параметров микроклимата в зданиях и сооружениях различного назначения, при этом доля теплопотребления в жилищно коммунальном хозяйстве занимает около 50% от общего количества вырабатываемой тепловой энергии.

В последнее десятилетие все большее распространение в мире получают новые энергоэффективные технологии жизнеобеспечения зданий, базирующиеся на применении периодических систем отопления, в тоже время системы вентиляции эксплуатируются также периодически, причем если в общественных и промышленных зданиях этот режим регулируется включением самих систем, то в жилых этот процесс зависит в подавляющем большинстве от разницы давления между наружной и внутренней средой. При этом расчет

естественных систем вентиляции выполняется на температуру +5 С, что в холодный период года многократно увеличивает теплопотери помещения, а современные нормы по микроклимату помещений предусматривают снижение воздухообмена. Таким образом, в помещении в холодный период года происходит неучтенное увеличение теплопотерь, а снижение воздухообмена вызывает выпадение конденсата на поверхностях с наибольшей теплопроводностью, что также увеличивает теплопотери помещения, а с учетом увлажнения ограждающих конструкций – вызывает их разрушение, появление плесени и другие негативные факторы.

Анализ публикаций. Основным препятствием, сдерживающим внедрение комбинированных систем отопления, целью работы которых является не только восполнение теплопотерь, но и поддержание параметров эксплуатации наружных ограждений в проектном режиме, является фактическое отсутствие математического, программного и нормативного обеспечения проектирования и строительства этих систем в почвенно-климатических условиях Украины, Беларуси и России [1, 3, 5].

Дело в том, что, в отличие от традиционных аналогов, для таких систем, характерны повышенные единовременные капитальные вложения при сравнительно низких эксплуатационных издержках. Вместе с тем их применение позволяет не только обеспечить экономию энергоресурсов, но и получить значительный экологический эффект от сокращения теплопотерь через образующиеся теплопроводные мосты в ограждающих конструкциях [2].

Таким образом, исследования, направленные на разработку и внедрение комбинированных систем отопления конвекционно-радиационного типа являются актуальными и отвечают современным тенденциям развития отопительно-вентиляционных систем [4].

Цель и постановка задач. Цель работы - совершенствование систем отопления и вентиляции в условиях их периодической работы на основе использования комбинированной системы панельно-лучистого и конвективного отопления для поддержания параметров внутренней среды жилых помещений, что обеспечивает снижение энергозатрат путем снижения теплопотерь и улучшения условий эксплуатации ограждающих конструкций.

Поставленные в работе задачи:

1. Выявить наиболее рациональную систему отопления при снижении естественного воздухообмена и в условиях ее периодической работы, обеспечивая требуемый режим эксплуатации ограждающих конструкций
2. Экспериментально исследовать работу комбинированной системы отопления в условиях ее периодической работы при снижении воздухообмена и исключении конденсации на поверхности наружных ограждений.

Результаты и их анализ. Для подтверждения предложенной работоспособности комбинированной системы панельно-лучистого и конвективного отопления для поддержания параметров внутренней среды жилых помещений разработан и изготовлен стенд, в основе которого положено устройство излучающей панели с тепловыми трубками над подоконником,

которая соединена с системой водяного низкотемпературного отопления с конвектором путем контакта оголовка тепловой трубки с металлическим кольцом, непосредственно соединенным с обратным трубопроводом водяной системы отопления.

В данном случае в качестве теплоносителя был использован керосин, тепловая трубка диаметром 6 мм, длиной 1,5 м, на которую была наклеена фольга, а в верхней части – установлены теплоизоляционные маты, толщиной 25 мм. Соединение с системой водяного низкотемпературного отопления осуществлялось путем контакта оголовка тепловой трубки с металлическим кольцом, непосредственно соединенным с обратным трубопроводом водяной системы отопления.

Расход теплоносителя и тепла определялся теплосчетчиком фирмы Данфосс. Замеры температурного поля ограждающих конструкций выполнялись с помощью тепловизора фирмы Тесто, точечный замер температур выполнен с помощью лазерного термометра фирмы Тесто.

Результаты полученных исследований подтвердили выполненные ранее теоретические исследования (на рис.1 приведен снимок светопрозрачного проема с установленной панелью, температура поверхности- 29 °С, на рис. 2 - термограмма при работе системы отопления (коэффициент излучения принят равным 0,95), рис.3 – термограмма при работе высокотемпературной системы радиаторного отопления (75 °С), снимок на рис.4 – термограмма при работе предложенной системы отопления).



Рис.1. Снимок светопрозрачного проема с установленной панелью

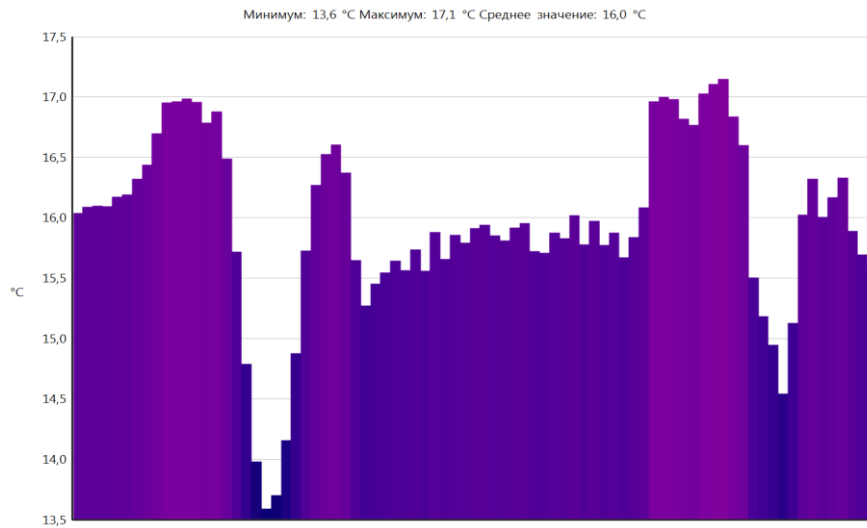


Рис. 2. Термограмма при работе системы отопления в светопрозрачном проеме

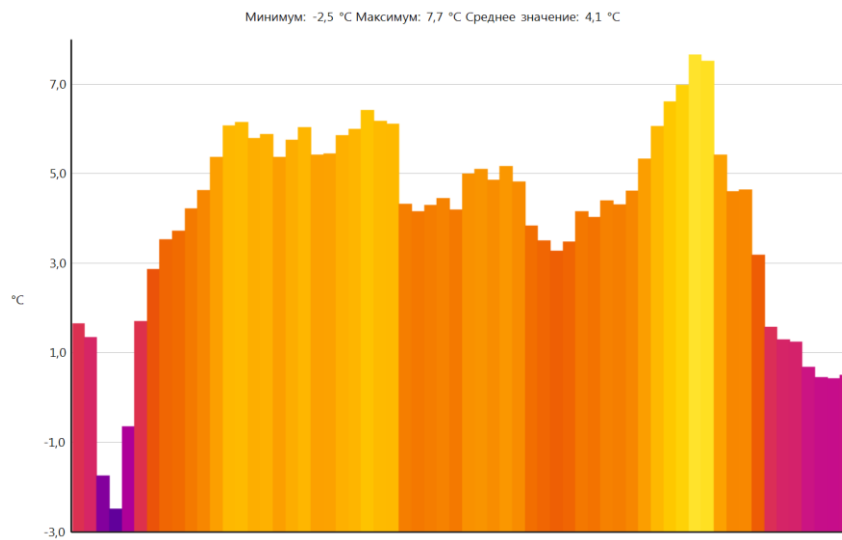


Рис. 3. Термограмма при работе высокотемпературной системы отопления в светопрозрачном проеме

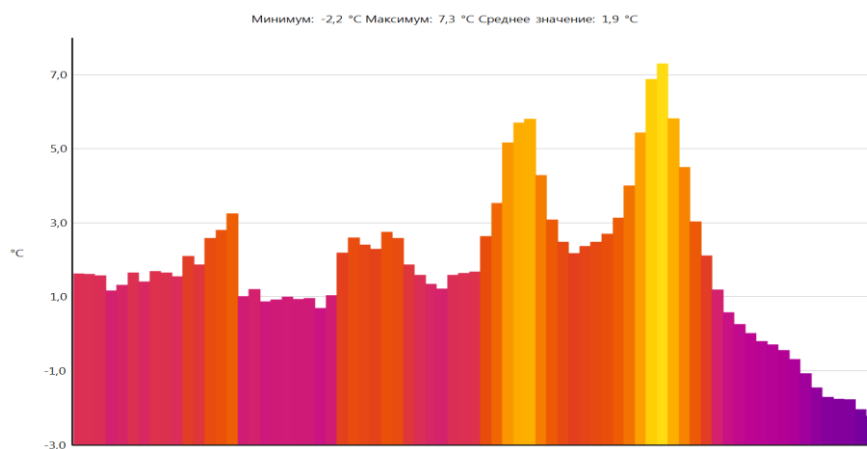


Рис. 4. Термограмма при работе предложенной системы отопления в светопрозрачном проеме

На основании полученных данных были построены зависимости прогрева помещения, приведенные на рис.5-6.

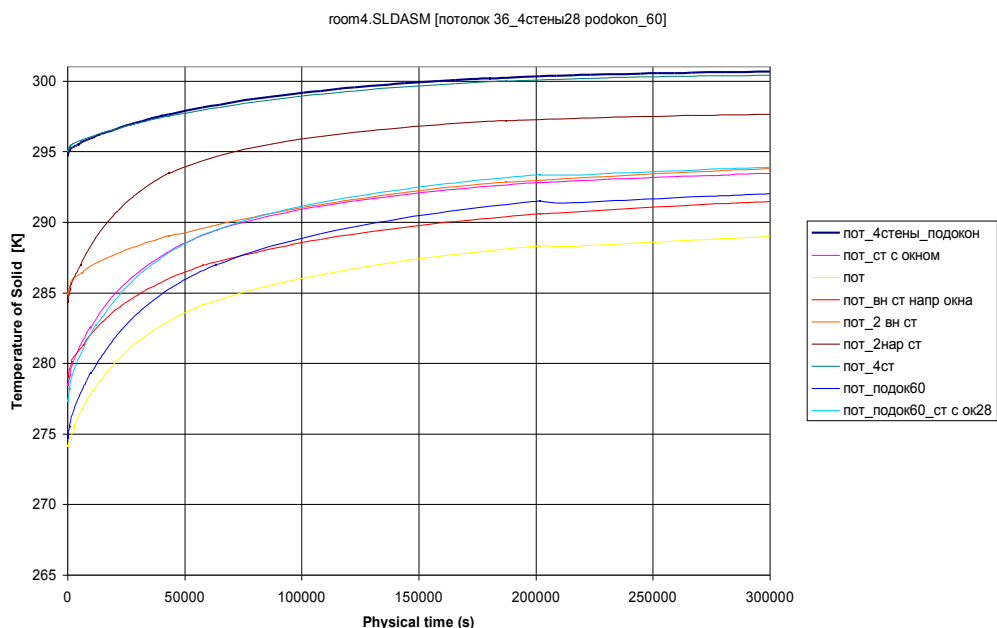


Рис.5. Процесс нагрева помещения, полученный теоретически при различном расположении нагревательных приборов

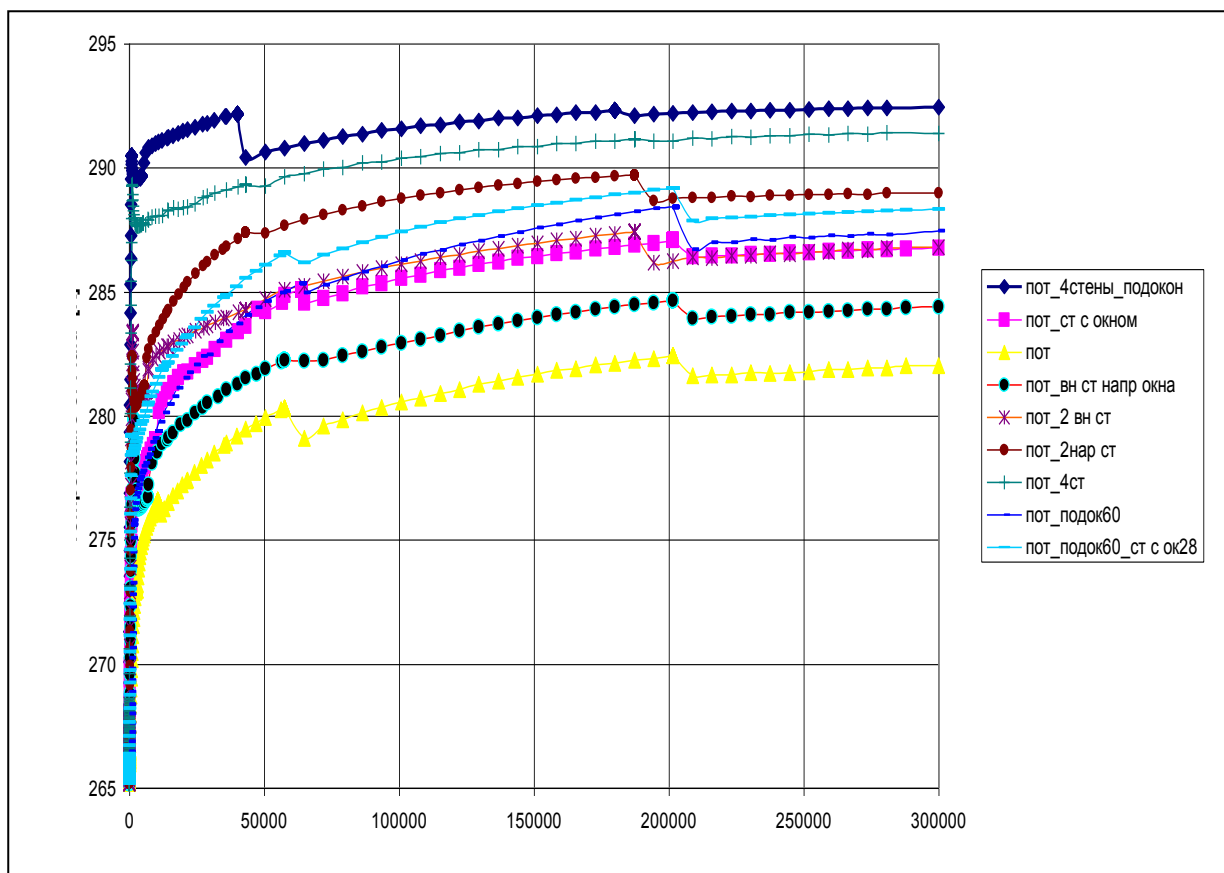


Рис.6. Процесс нагрева помещения, полученный экспериментально при различном расположении нагревательных приборов (по оси абсцисс – время, с, по оси ординат – температура, °К)

На основании выполненных исследований были сделаны следующие рекомендации для проектирования и эксплуатации систем водяного отопления в жилых зданиях:

- установка низкотемпературного отопительного прибора под оконным проемом практически не влияет на область распространения холодного потока воздуха.

- при установке отопительного прибора (стальной радиатор со средней температурой поверхности 40°C) под оконным проемом и панели лучистого отопления над подоконником (с температурой поверхности 36 °C) практически исключена область распространения холодного потока воздуха.

- для исключения выпадения конденсата на внутренних поверхностях предлагается использовать комбинированную система водяного отопления с установкой низкотемпературных излучающих панелей над оконным проемом и стандартных нагревательных приборов, при этом исключение выпадение конденсата на поверхности оконных проемов достигается путем нагрева их выше температуры точки росы для данного помещения излучающей панелью, а вторая часть системы восполняет теплопотери.

Выводы. 1. Подтверждено предположение о целесообразности применения низкотемпературного отопления с точки зрения сокращения расхода тепла на подогрев вентиляционного воздуха. В помещениях со значительной долей теплопотерь с отработанным вентиляционным воздухом эффект от такого решения может достигнуть 20%.

2. Сравнение результатов теоретических исследований с экспериментальными данными подтвердило адекватность предложенных математических моделей и правомерность сделанных в результате исследований заключения, при этом расхождение результатов не превышает 10%, что позволяет использовать полученные теоретические зависимости в инженерных методиках расчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нудлер Г.И., Тульчин И.К. Автоматизация инженерного оборудования жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 1988. – 223 с.
2. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен: Пер. с англ./ Герхарт Б., Джалурия И., Махаджан Р.Л., Саммакия Б. – М.: Мир, В 2-х книгах. Кн. 2., 1983. – 528 с.
3. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование / В.В. Пырков. – К.: И ДП «Такі справи», 2007. – 251 с.
4. Грановский В.Л. Основные принципы конструирования и испытаний отопительных приборов со встроенными терморегуляторами / В.Л. Грановский // АВОК. – 2005. – №4. – С. 48-52.
5. Petitjean R. Total hydronic balancing: A handbook for design and troubleshooting of hydronic HVAC systems / R. Petitjean. – Gothenburg: TA AB, 1994. – 530 p.

ОЦЕНКА УРОВНЯ НАРУШЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ЗАСТРОЙКЕ ПРИБРЕЖНЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
emails: sapronovat@mail.ru, хаос@napks.edu.ua*

Аннотация. В работе рассмотрен усовершенствованный методический подход к выявлению нарушенности экологического состояния прибрежных зон на основе расчета обобщенного показателя уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны, который позволяет учесть комплексный показатель изменения экологического состояния под влиянием природных факторов и комплексный показатель нарушения экологического состояния под влиянием антропогенной нагрузки и выявлять экологическое состояние участка прибрежной рекреационной зоны с очагами неустойчивости.

Оценка экологического состояния прибрежной рекреационной зоны по показателю нарушения позволяет наблюдать, сравнивать и прогнозировать состояние по отдельным параметрам формирования экологического состояния и всей прибрежной рекреационной зоны в целом, а также обосновывать проведение инженерно-экологических мероприятий и технических решений, направленных на стабилизацию или улучшение экологического состояния прибрежных рекреационных зон АР Крым.

Ключевые слова: прибрежная рекреационная зона, экологическое состояние, уровень нарушенности.

Abstract. The improved methodical approach in the exposure of violation in the ecological state of off-shore zones on the basis of calculation of the generalized index of level of violation of the ecological state of off-shore recreational zone considered in the article.

This approach allows to take into account the complex index of change of the ecological state under influence of natural factors and complex index of violation of the ecological state under influence of the anthropogenic loading, and also to educe the ecological state of area of off-shore recreational zone with the hearths of instability.

The estimation of the ecological state of off-shore recreational zone on the index of violation allows to look after, compare and forecast the state of all off-shore recreational zone on the whole, on the separate parameters of forming of the ecological state and also to ground realization of the engineer-ecological events and technical decisions, sent to stabilizing or improvement of the ecological state of off-shore recreational zones of Crimea.

Key Words: off-shore recreational zone, ecological state, level of violations.

Введение. Обеспечение экологической безопасности прибрежных зон как комплексных систем, которые включают элементы природной среды, подвергающиеся антропогенным нагрузкам, и техногенные объекты, является важной междисциплинарной научно-практической задачей. Значительная динамика процессов трансформации экологического состояния прибрежных рекреационных зон требует постоянной корректировки принципов, подходов методов и обоснования инженерно-технических разработок по улучшению экологического состояния прибрежных рекреационных зон.

Анализ исследований и публикаций. В целом, анализ научно-

практических исследований в прибрежной зоне позволяет отметить, что основы теории оценки экологического состояния прибрежных зон в условиях усложнения природно-антропогенных процессов развиваются, изучены некоторые последствия техногенного воздействия человека на берега морей и океанов, выявлены возможности саморегулирования процессов и баланса вещества в пределах береговой зоны, однако экологические аспекты формирования состояния прибрежных территорий и разработки мероприятий по стабилизации и улучшению экологического состояния прибрежных зон не решены.

Современные теоретические и прикладные исследования по изучению проблем экологической безопасности прибрежных зон выполняются учеными Морского гидрофизического института НАНУ В.А. Ивановым, Ю.Н. Горячкиным, В.В. Фоминым, В.Ф. Удовиком [1, 2], проектные работы в береговой зоне осуществляются ЦНТУ «Инжзащита» под руководством М.Н. Рыжего. В работе А.В. Ефремова [3] рассмотрены эколого-экономические вопросы и предложены решения по освоению рекреационного потенциала береговой зоны Крыма. Н.М. Ветровой [4, 5, 6] рассмотрены особенности управления экологической безопасностью рекреационных регионов, разработаны методологические основы проведения оценки уровня экологической безопасности, обоснованы возможности использования результатов оценки уровня экологических проблем рекреационного региона в процессе разработки и реализации экологических стратегий регионального уровня.

Постановка задач и исследований. Анализ исследований, проводимых по проблематике прибрежных зон показал, что недостаточно изученными остаются вопросы, связанные: с обоснованием организации прибрежных рекреационных зон с учетом природно-антропогенных закономерностей формирования экологического состояния пляжной полосы, экологического качества застраиваемых территорий, проведением интегральной инженерно-экологической оценки территорий для строительства и эксплуатации объектов и др. Активный процесс стихийной застройки сооружениями различного типа в прибрежной рекреационной зоне происходит без методических, проектно-планировочных, градостроительных и экологических обоснований. Прибрежные зоны – места массового отдыха с широкомасштабной застройкой и рекреационным обустройством территории. В настоящее время происходит интенсивное рекреационное освоение прибрежных территорий, во многом определяющее современное экологическое состояние прибрежных рекреационных зон. При этом хозяйственная деятельность, сконцентрированная преимущественно в пределах небольшой по ширине прибрежной полосы не всегда рациональна и влияет на формирование экологического состояния, как прибрежной территории берега, так и моря.

В связи с вышеизложенными проблемами изучения и использования прибрежных зон *цель данного исследования* – теоретическое обоснование и разработка методического подхода к исследованию экологического состояния прибрежных рекреационных зон с целью получения достоверных сведений об

особенностях функционирования этой системы и развития понимания взаимосвязи всех протекающих в ней процессов.

Изложение материала и результаты. На основе анализа факторов формирования экологического состояния прибрежных рекреационных зон (ПРЗ), выполненного на примере Западного Крыма [7, 8, 9, 10], для разработки инженерно-экологических мероприятий и технических решений был сделан вывод о необходимости проведения оценки уровня нарушенности экологического состояния. Это связано с тем что, антропогенное воздействие на прибрежную рекреационную зону должно организовываться с учетом природных закономерностей и сложившихся антропогенных изменений природной среды. При этом инженерные решения, по сути, должны быть технически возможны и экологически целесообразны. Оценку уровня нарушенности экологического состояния можно выполнить по уровню изменений параметров экологического состояния элементов прибрежной рекреационной зоны: изменению ширины пляжа, скорости абразии берега в условиях рекреационного использования, риска оползнеобразования, уровня загрязнения прибрежной зоны моря, уровня загрязнения почв и грунтов территорий рекреационной зоны, уровня загрязнения атмосферного воздуха, антропогенных нагрузок (плотность застройки), технического состояния берегоукрепительных сооружений, системы водоотведения сточных вод.

Установление уровней нарушения экологического состояния в прибрежной рекреационной зоне требует количественных методов оценки. Оценку уровня нарушенности экологического состояния прибрежных зон можно выполнить на основе расчета обобщенного показателя уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны, который позволяет обобщить параметры исследуемого явления. Целесообразность применения комплексного показателя уровня нарушенности заключается в обобщении показателей, которые могут иметь разное направление. При анализе нарушенности экологического состояния важны складывающиеся тенденции, как отражение прогнозируемых результатов, а критерием будет являться степень изменения практически сложившихся параметров экологического состояния, следовательно, в основу метода должны быть положены относительные показатели – цепные индексы.

Оценка нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны Западного Крыма – это логически обоснованная и систематизированная процедура, направленная на выявление воздействия природных и техногенных факторов, поскольку они находятся в постоянном и тесном взаимодействии.

При построении обобщенного показателя нарушенности экологического состояния ПРЗ используется функция средней геометрической, поскольку она позволяет:

- использовать совокупность показателей без определения значимости каждого;
- привести к единому показателю, которые имеют различные единицы измерения;

- учитывать динамику отдельных показателей.

Предлагается инженерно-экологический подход, позволяющий учесть изменяющиеся во времени и пространстве факторы и параметры экологического состояния прибрежных рекреационных зон, в основе которого положен расчет обобщенного показателя нарушенности экологического состояния:

$$\hat{I}^{\hat{N}}_{\hat{N}} = f(I^i_n; I^j_a) \quad (1)$$

где, $OПН_{эс}$ – обобщенный показатель уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны; H^i_n H^j_a – показатели природных и антропогенных нарушений экологического состояния прибрежной рекреационной зоны.

Выполненный автором анализ проблем экологического состояния прибрежной рекреационной зоны [7, 8, 9, 10] выявил сложность получения всесторонней информации, хотя реализация предлагаемого научного подхода к оценке уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны не требует специальной профессиональной переподготовки исполнителя, и предполагает использование возможностей Microsoft Excel (стандартная табличная форма).

Инженерно-экологический подход в рамках мониторинга уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны предполагает выполнение следующих этапов.

Этап 1. Сбор информации, характеризующей природные параметры экологического состояния прибрежных рекреационных зон и уровень антропогенной нагрузки, и осуществляется по следующим видам источников:

- натурные наблюдения за природными показателями экологического состояния прибрежных рекреационных зон;
- ведомственные регулярные наблюдения за отдельными видами объектов, поставляющие информацию о состоянии природных сред, параметрах использования природных ресурсов.
- картирование антропогенной нагрузки территории прибрежной рекреационной зоны; экологическое картирование изменений в ОПС (литосфере и гидросфере); регулярная долговременная информация по отдельным элементам экологических объектов, либо с небольшим территориальным охватом; эпизодические наблюдения о состоянии экологических объектов и видах их воздействия на окружающую среду.

Этап 2. Формирование уточненного перечня показателей, характеризующих уровень нарушенности экологического состояния прибрежных рекреационных зон.

Учитывая необходимость выявления влияния отдельных факторов формирования экологического состояния на общий уровень нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны целесообразно группировать их в соответствии с направленностью:

- природные показатели формирования экологического состояния прибрежной рекреационной зоны;

- антропогенные показатели, формирующие уровень антропогенной нагрузки (табл. 1);

Таблица 1

Показатели экологического состояния прибрежных зон

№ п/п	Наименование показателя	Сущность показателя	Требуемые тенденции для сохранения экологического состояния
Группа 1. Природные показатели, характеризующие экологическое состояние прибрежных рекреационных зон			
1	p^1	Показатель скорости абразионных процессов в береговой зоне	Значения показателей должны снижаться $N_{п}^i < 1$
2	p^2	Показатель пораженности территории ЭГП	
3	p^3	Показатель крутизны естественного откоса	
4	p^{4*}	Показатель глубины залегания уровня грунтовых вод	
5	p^{5*}	Показатель количества штормов силой более 5 баллов	
6	p^6	Показатель характеристик грунта	Значения показателей должны сохраняться $N_{п}^i = 1$
7	p^7	Показатель грунтовых условий	
8	p^8	Показатель сейсмичности	
9	p^{4*}	Показатель глубины залегания уровня грунтовых вод	
10	p^{5*}	Показатель количества штормов силой более 5 баллов	Значения показателей должны увеличиваться $N_{п}^i > 1$
11	p^9	Показатель изменения ширины пляжной зоны	
Группа 2. Антропогенные показатели, характеризующие уровень антропогенной нагрузки			
12	a^{10}	Показатель изменения концентрации загрязняющих веществ в воде (с учетом класса опасности загрязняющего вещества)	Значения показателей должны снижаться $N_a^i < 1$
13	a^{11}	Показатель изменения концентрации загрязняющих веществ в почве (с учетом класса опасности загрязняющего вещества)	
14	a^{12}	Показатель поступления загрязняющих веществ с стационарными и передвижными источниками	
15	a^{13}	Показатель изменения количества отходов	Значения показателей должны сохраняться $N_a^i = 1$
16	a^{14}	Показатель типа землепользования	
17	a^{15}	Показатель технического состояния берегоукрепительных сооружений	Значения показателей должны увеличиваться $N_a^i > 1$

В результате данные объединяются в таблицу, характеризующую параметры экологического состояния прибрежной рекреационной зоны.

Этап 3. Первичная обработка данных. При построении комплексных показателей природных и антропогенных изменений экологического состояния и определения уровня нарушенности целесообразно использовать индексы частных показателей нарушений составляющих экологического состояния экосистемы прибрежной зоны. Одновременно, следует учитывать, что существует ряд неоднозначных по своему значению показателей, отражающих вклад природных и антропогенных нарушений в уровень нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны. При этом индексы частных показателей нарушенности составляющих экологического состояния должны рассчитываться с двух позиций

1). Если параметры экологического состояния прибрежной рекреационной зоны должны снижаться ($n_t^i < n_{t-1}^i$; $a_t^i < a_{t-1}^i$), расчет выполняется по следующим формулам:

- для индексов частных показателей природных нарушений:

$$i_{\pi}^i = \frac{n_t^i}{n_{t-1}^i} \quad (2)$$

где i_{π}^i – индекс относительного уровня природных (π) нарушений экологического состояния прибрежной рекреационной зоны; i – показатель;

n_t^i – текущее значение i -ого природного показателя в анализируемый период;

n_{t-1}^i – значение i -ого природного показателя за предыдущий период.

- для индексов частных показателей антропогенных нарушений:

$$i_a^i = \frac{a_t^j}{a_{t-1}^j} \quad (3)$$

где i_a^i – индекс относительного уровня антропогенных (a) нарушений экологического состояния прибрежной рекреационной зоны; j – показатель;

a_t^j – текущее значение i -ого антропогенного показателя в анализируемый период;

a_{t-1}^j – значение i -ого антропогенного показателя за предыдущий период.

2). Если параметры экологического состояния прибрежной рекреационной зоны должны сохраняться на предыдущем уровне или расти ($n_t^i > n_{t-1}^i$; $a_t^i > a_{t-1}^i$) расчет индекса частных показателей нарушенности составляющих экологического состояния выполняется по формулам:

- для индексов частных показателей природных нарушений:

$$i_{\pi}^i = \frac{n_{t-1}^i}{n_t^i} \quad (4)$$

где i_{π}^i – индекс относительного уровня природных (π) нарушений экологического состояния прибрежной рекреационной зоны; i – показатель;

n_{t-1}^i – значение i -ого природного показателя за предыдущий период;

n_t^i – значение i -ого природного показателя в анализируемый период;

- для индексов частных показателей антропогенных нарушений:

$$i_a^j = \frac{\dot{a}_{t-1}^j}{\dot{a}_t^j} \quad (5)$$

где i_a^i – индекс относительного уровня антропогенных (а) нарушений экологического состояния прибрежной рекреационной зоны; j – показатель;
 \dot{a}_{t-1}^j – значение i -ого антропогенного показателя за предыдущий период;
 \dot{a}_t^j – текущее значение i -ого антропогенного показателя в анализируемый период.

Индекс частного показателя нарушений экологического состояния (i_a^j) загрязняющим веществом при попадании антропогенных веществ в природную среду рассчитывается по каждому из изучаемых параметров загрязнений с учетом их экологических нормативов. Расчет показателя экологических нарушений (i_a^j) проводится для случаев при нормировании параметров по отношению как к минимальным так и к максимальным их нормам.

Если норматив задан в виде максимально допустимого значения (например, ПДК загрязняющего вещества в почве или в воде), то показатель нарушенности экологического состояния рассчитывается по формуле:

$$i_a^j = \frac{\dot{a}_x (\dot{I}_x - B_x)}{\dot{I}_x} \quad (6)$$

где: a_x – коэффициент, определяемый классом опасности загрязняющего вещества;

B_x – полученное в результате наблюдений значение i -го вещества;

P_x – нормативное значение i -го вещества.

В результате формируется таблица данных (табл. 2).

Таблица 2

Показатели и индексы (цепные) экологического состояния прибрежной рекреационной зоны

		Годы				
		200__	200__	200__	200__	20__
Природные показатели изменения экологического состояния						
п ₁	Показатель природный (п)					
	Индекс изменения показателя					
п ₂	Показатель природный (п)					
	Индекс изменения показателя					
					
п ₁	Показатель природный (п)					
	Индекс изменения показателя					
Антропогенные показатели, отражающие уровень антропогенной нагрузки						
а ₃	Показатель антропогенный (а)					
	Индекс изменения показателя					
а ₄	Показатель антропогенный (а)					
	Индекс изменения показателя					
					
а ₁	Показатель антропогенный (а)					
	Индекс изменения показателя					

Этап 4. Расчет обобщенного показателя уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны.

Состояние экосистемы прибрежной рекреационной зоны определяется через оценку состояний формирующих ее природных и техногенных факторов и показателей (параметров). Такая оценка состояния экосистемы проводится на основе ограниченного числа критериев, обеспечивающих при совместном рассмотрении уверенную квалификацию ее состояния. При этом нужен единый подход к оценке состояния, как экосистемы, так и слагающих ее компонентов. Достоверность оценки зависит от точности определения тех видов воздействия и факторов, которые оказывают максимальное негативное воздействие на экологическое состояние прибрежной рекреационной зоны.

Поскольку индивидуальные значения показателей (индексы изменения показателей нарушенности экологического состояния) представляют собой относительные величины динамики, рассчитанные цепным способом, целесообразно для построения группового показателя применяется средняя геометрическая.

Комплексный показатель изменения экологического состояния под влиянием природных факторов (H_n) будет определяться по формуле:

$$\hat{I}_i = \sqrt[j]{i_{i1} \cdot i_{i2} \cdot \dots \cdot i_{ij}}; \quad (7)$$

где, $i_{n.1} ; i_{n.2} \dots i_{n.i}$ – индексы j -показателей изменения экологического состояния под влиянием природных факторов;

Комплексный показатель нарушения экологического состояния под влиянием антропогенной нагрузки (H_a) будет определяться по формуле:

$$\hat{I}_a = \sqrt[s]{i_{a1} \cdot i_{a2} \cdot i_{a3} \dots \cdot i_{as}}; \quad (8)$$

где, $i_{a.1} i_{a.2} i_{a.3} \dots i_{aj}$ – индексы s -показателей нарушения экологического состояния под влиянием антропогенной нагрузки;

Обобщенный показатель нарушений экологического состояния прибрежных территорий:

$$\hat{I}_{\hat{N}} = \sqrt{\hat{I}_{ii}^i \cdot \hat{I}_{aj}^j} \quad (9)$$

Количественная оценка уровня нарушенности экологического состояния проводится по следующим критериям:

$ОПН_{ЭС} = 1$ – стабильное экологическое состояние участка прибрежной рекреационной зоны;

$ОПН_{ЭС} > 1$ – нарастание нарушений экологического состояния, экологическое состояние неустойчивое;

$ОПН_{ЭС} < 1$ – снижение нарушений экологического состояния.

В рамках данного методического подхода на основе анализа тенденций частных показателей нарушенности возможно выявить экологическое состояние участка прибрежной рекреационной зоны с очагами неустойчивости.

Этап 5. Анализ динамики уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны в рамках инженерно-

экологического мониторинга.

Оценка экологического состояния прибрежной рекреационной зоны по показателю нарушения позволяет наблюдать, сравнивать и прогнозировать состояние по отдельным параметрам факторов формирования экологического состояния и всей прибрежной рекреационной зоны в целом, а так же разрабатывать и реализовывать инженерно-экологические мероприятия и технические решения, направленные на стабилизацию и улучшение экологического состояния.

Выводы. В рамках усовершенствованного методического подхода к выявлению нарушенности экологического состояния прибрежных зон на основе расчета обобщенного показателя уровня нарушенности экологического состояния прибрежной рекреационной зоны, который позволяет учесть комплексный показатель изменения экологического состояния под влиянием природных факторов и комплексный показатель нарушения экологического состояния под влиянием антропогенной нагрузки выявляется экологическое состояние участка прибрежной рекреационной зоны с очагами неустойчивости.

Оценка экологического состояния прибрежной рекреационной зоны по показателю нарушения позволяет наблюдать, сравнивать и прогнозировать состояние по отдельным параметрам формирования экологического состояния и всей прибрежной рекреационной зоны в целом, а также обосновывать проведение инженерно-экологических мероприятий и технических решений, направленных на стабилизацию или улучшение экологического состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Иванов В.А., Ястреб В.П., Горячкин Ю.Н., Прусов А.В., Зима В.В., Фомин В.В. Природопользование на Черноморском побережье Западного Крыма: современное состояние и перспективы развития. Севастополь: Морской гидрофизический институт. 2006. 324 с.
- 2.Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Современное состояние черноморских берегов Крыма // Доповіді Національної академії наук України. 2010. № 10. С. 78-82.
- 3.Ефремов А.В. Природные ресурсы прибрежной зоны Крыма и их оценка. Симферополь: ЧП Носков А.В. 2009. 508 с.
- 4.Ветрова Н.М., Федоркин С.И. О тенденциях параметров экологического состояния Крыма // Строительство и техногенная безопасность. 2010. Вып. 31. С. 109-117.
- 5.Ветрова Н. М. Экологический аудит и экологический мониторинг в управлении экологической безопасностью региона // MOTROL. 2012. Vol.14, No1. С. 80-85.
- 6.Ветрова Н.М., Федоркин С.И. Обеспечение экологической безопасности рекреационного региона. Симферополь: ИТ АРИАЛ. 2012. 294 с.
- 7.Рыжий М.Н. Сапронова З.Д., Иваненко Т.А., Артемьева А.М., Снегирев В.С. Комплексные мониторинговые исследования состояния берега и берегоукрепительных сооружений Западного Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2009. Вып. 20. С. 7-10.
- 8.Иваненко Т.А., Сапронова З.Д. Геоморфология и динамика берегов Западного Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2011. Вып. 25. С. 19-25.
- 9.Иваненко Т. А. Инженерно-геологические особенности побережья Западного Крыма // Строительство и техногенная безопасность. 2012. Вып. 43. С. 85-92.
- 10.Иваненко Т.А. Ветрова Н.М. Комплекс экологически безопасных технических решений застройки прибрежных рекреационных зон // Проблеми екології. 2013. № 1 (31). С. 91-99.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ ДВУХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: jafer90@mail.ru*

Аннотация. Проанализированы результаты предварительных экспериментальных исследований работы плитных железобетонных фундаментов, проведено планирование дальнейших экспериментальных исследований работы двухслойных железобетонных фундаментов.

Ключевые слова: фундамент; фактор; исследование; комбинационный квадрат.

Введение. В связи с недостатком территории пригодных для строительства санаторно-курортных, гостиничных и др. видов зданий и сооружений, в частности на южном берегу Крыма, все большее внимание уделяется строительству многоэтажных зданий с меньшей площадью застройки территории. Возведение таких зданий и сооружений влечет за собой проектирование габаритных, материалоемких конструкций фундаментов. Одним из самых распространенных видов фундаментов для данных сооружений являются плитные фундаменты, т.к. обладают повышенной несущей способностью относительно ленточных фундаментов и меньшим воздействием на окружающие постройки при возведении по сравнению со свайными фундаментами.

Известно, что стоимость материалов на устройство фундаментов различных зданий и сооружений составляет 15-20% общей стоимости строительства. Поэтому для более рационального использования свойств материалов, уменьшения материалоемкости конструкции, экономичности и технологичности возведения, без уменьшения прочности и надежности зданий и сооружений, необходимы исследования и разработки в области многослойных конструкций плитных фундаментов.

Анализ публикаций. Существенный вклад в области исследования напряженно-деформированного состояния конструкций двухслойных отдельно стоящих фундаментов внесли [1,2.]. Экспериментально было установлено, что жесткость модели фундамента является определяющим параметром характера разрушения. С повышением жесткости конструкции модели фундамента уменьшаются напряжения и деформации конструкции. Эксцентриситет приложения внешней нагрузки вызывает перераспределение напряжений, как в конструкции фундамента, так и в грунтовом основании. Относительная высота слоя бетона более высокого класса по прочности на сжатие является параметром, определяющим НДС конструкции двухслойного фундамента и степень перераспределения напряжений между слоями бетонов различных классов по прочности на сжатие. Зона контакта двух слоев бетона, расположенная в сжатой части сечения является искусственным

концентратором напряжений и катализатором разрушения. Поэтому при проектировании конструкций двухслойных фундаментов необходимым является условие расположения границы слоев ниже границы сжатой зоны. Влияние типа поверхности контактного шва между слоями бетонов различных классов по прочности на сжатие установить не удалось.

Так же было установлено, что на несущую способность конструкции двухслойного фундамента влияет наличие поперечного армирования контактного шва в большей степени, чем наличие шероховатостей и шпонок.

Однако в плитных фундаментах, использование двухслойного бетона не нашло пока своего практического применения, что объясняется наличием малоизученных специфических особенностей их работы под нагрузкой.

Цель и постановка задачи исследования. Цель – рациональное планирование экспериментальных исследований работы двухслойных железобетонных плитных фундаментов.

Задачи:

- анализ результатов предварительных экспериментальных исследований работы плитных железобетонных фундаментов;
- определение варьируемых факторов влияющих на НДС и несущую способность железобетонных двухслойных плитных фундаментов;
- планирование дальнейших экспериментальных исследований работы двухслойных железобетонных фундаментов.

Методика исследований. Основным методом экспериментального исследования выбран метод физического моделирования, основанный на теории подобия модели и натурной конструкции. Для осуществления данной методики необходимо и достаточно равенство:

- физико-механических свойств материалов;
- характеристик упругих свойств материалов.

Результаты и их анализ. При разработке методики планирования экспериментальных исследований на основании предварительных испытаний плитных железобетонных фундаментов, размерами в плане 1,4 x 1 м., высотой 0,06 м., колоннами 0,1 x 0,1 м. (рис.1) и исследований, проведенных в работе [3] была принята во внимание схема разрушения железобетонных моделей фундаментных плит. Проанализировав данные схемы разрушения, выявили, что в стадии разрушения сплошная фундаментная плита разделяется упругопластическими шарнирами как бы на отдельные фундаменты под колонны. В связи с этим в качестве изучения влияния масштабного и других основных факторов на НДС конструкции двухслойной фундаментной плиты выбран фрагмент, а именно $\frac{1}{4}$ часть данной плиты размерами в плане 0,7 x 0,5 м., высотой 0,06 м., колоннами 0,1 x 0,1 м. (рис.2).

Основным контролирующим параметром, который дает возможность наиболее качественно оценить работу конструкции и ее НДС, является несущая способность фундамента, зависящая непосредственно от величины разрушающей нагрузки.

Анализ экспериментальных и теоретических исследований плитных железобетонных фундаментов [3,4,5, и др.], двухслойных отдельно стоящих



Рисунок 1 - Фото разрушенных моделей плитного фундамента

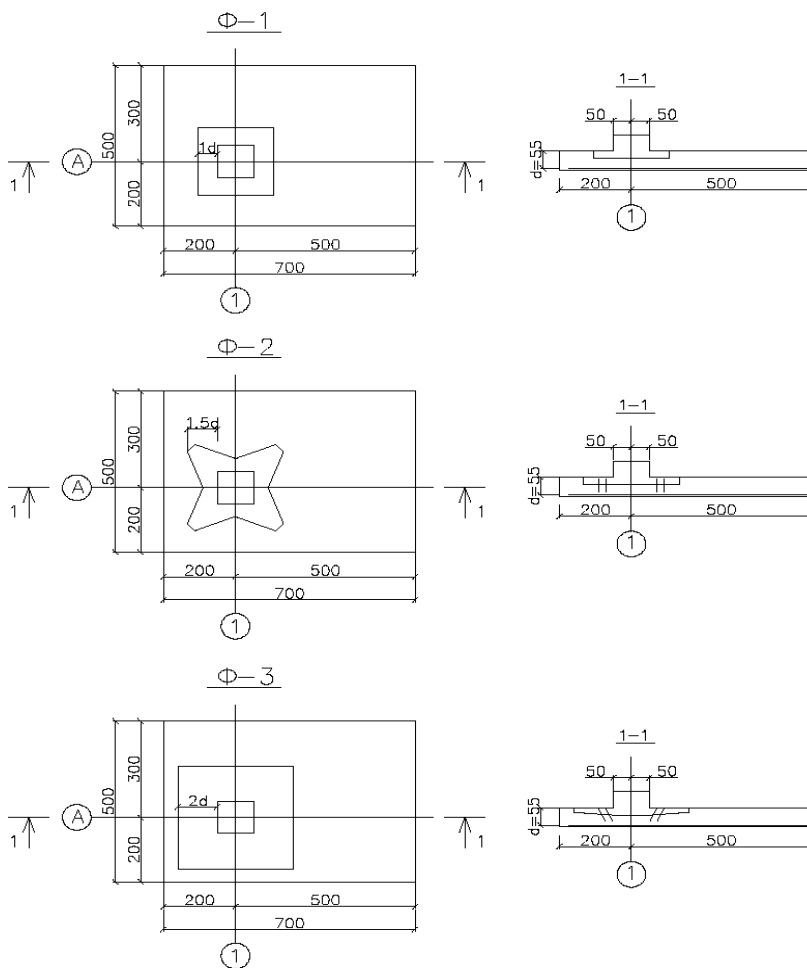


Рисунок 2 - Модели фундаментов

фундаментов [1,2] и многослойных надфундаментных конструкций [6,7] дал возможность определить существенное влияние следующих четырех факторов на НДС и несущую способность двухслойных плитных фундаментов:

- расстояние до контрольного периметра сжатой зоны бетона;
- класс бетона сжатой зоны;
- форма сжатой зоны бетона;
- поперечное армирование сжатой зоны бетона.

Однако если каждый из этих четырех факторов будет принимать по три значения, то для проведения полно факторного эксперимента, необходимо выполнить $3^4=81$ различных варианта эксперимента, а если еще учесть коэффициент вариации 25%, то для получения осредненных данных с достоверностью 95% необходимо выполнить 324 эксперимента.

Для оптимизации экспериментальных исследований при сохранении достоверности получаемых зависимостей, воспользовались методикой рационального планирования экспериментов [8].

Согласно данной методики был построен большой комбинационный квадрат (рис. 3), состоящий из 9 средних квадратов, каждый из которых, соответственно, разделен на 9 малых квадрата. Из этого следует, что всего получилось $3^4=81$ квадратов по полному числу сочетаний четырех варьируемых факторов (a, b, c, d). Номеру столбцов средних квадратов соответствует номер варианта a (расстояние до контрольного периметра, u), строк – номеру варианта фактора c (поперечное армирование). Номеру столбцов малых квадратов соответствует номер варианта фактора b (класс бетона сжатой зоны, C), строк – номеру варианта фактора d (форма сжатой зоны бетона). В каждом из средних квадратов возможно 9 сочетаний варьируемых факторов b и d , при этом выбирается только одно сочетание, которое отмечается закрашенной клеткой, при этом в каждом столбце и в каждой строке данного комбинационного квадрата должна быть только одна такая клетка. Выбранное расположение закрашенных клеток обеспечивает при группировке результатов по одному какому-либо фактору нейтрализацию влияния трех остальных факторов путем усреднения.

Метод получения эмпирических формул для нескольких переменных факторов заключается в том, что [8]:

- данные последовательно группируются по значениям из каждого фактора;
- путем усреднения прочие факторы нейтрализуются;
- графическим путем выявляется влияние каждого из факторов на общий результат;
- для наиболее сильно действующего фактора находится частная эмпирическая формула его влияния на функцию при прочих постоянных средних условиях;
- при помощи этой формулы производится пересчет первичных данных на среднее или единичное значение наиболее сильно действующего фактора, и тем самым его влияние нейтрализуется;

- эти же приемы повторяются для следующего по силе фактора и т.д., таким образом, используется метод последовательных приближений;

- частные эмпирические формулы объединяют в одну общую.

Результатом обработки данных комбинационного квадрата является эмпирическая формула, в которой учтено влияние варьируемых факторов на результат исследования и имеет вид: $y=f(a,b,c,d)$.

				a - расстояние до контрольного периметра (u), мм								
				1d			1.5d			2d		
				b - класс бетона сжатой зоны (C), МПа								
				16/ 20	20/ 25	25/ 30	16/ 20	20/ 25	25/ 30	16/ 20	20/ 25	25/ 30
с- поперечное армирование	1	d- форма сжатой зоны бетона	1	Ф-1								
			2				Ф-8					
			3							Ф-6		
	2		1		Ф-4							
			2					Ф-2				
			3								Ф-9	
	3		1			Ф-7						
			2						Ф-5			
			3									Ф-3

Рисунок 3 – Комбинационный квадрат

Выводы. По анализу результатов предварительных экспериментальных и теоретических исследований работы плитных железобетонных фундаментов, определены варьируемые факторы, влияющие на НДС и несущую способность железобетонных двухслойных плитных фундаментов. Планирование дальнейших экспериментальных исследований работы двухслойных железобетонных фундаментов, выполнено на основе комбинационного квадрата. Принятая методика позволяет сократить количество экспериментов и получить результат в виде эмпирической формулы, учитывающей влияние факторов, с достаточной достоверностью. Это даст возможность прогнозировать закономерности разрушения двухслойных плитных фундаментов под нагрузкой и разработать методику расчета и конструктивные мероприятия необходимые для проектирования таких конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родин, С.В. Особенности силового взаимодействия железобетонных столбчатых фундаментов с песчаным основанием [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.23.02/ С.В. Родин. – Днепропетровск, 1983. – 212 с.

2. Перминова, Е.Г. Напряженно-деформированное состояние конструкций двухслойных отдельно стоящих фундаментов [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.23.01/ Е.Г. Перминова.- Симферополь, 2011. – 247с.
3. Политов, С.И. Работа железобетонных плит на грунтовом основании [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.23.02/ С.И. Политов. – Новочеркасск, 1983. – 178 с.
4. Мурзенко, Ю.Н. Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонной фундаментной плиты и ее совместной работы с песчаным основанием [Текст] / Ю.Н. Мурзенко, А.А. Цесарский // Исследования напряженно-деформированного состояния оснований и фундаментов. Новочеркасск, изд. НИИ, 1971. - С. 35-41.
5. Мурзенко Ю.Н. Экспериментальные исследования железобетонных фундаментных плит на продавливание [Текст] / Ю.Н. Мурзенко, А.А. Цесарский // Экспериментальные исследования инженерных сооружений. Новочеркасск, изд. НИИ, 1969. - С. 110-116.
6. Ильин О.Ф. Обобщённый метод расчета прочности, жесткости и трещиностойкости нормальных сечений изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных элементов из различных видов бетона [Текст] / О.Ф. Ильин, П.П. Семенов // Новые исследования элементов железобетонных конструкций при различных предельных состояниях.- М.: НИИЖБ, 1982. - С. 127-139.
7. Бондаренко, В.М. Расчет эффективных многокомпонентных конструкций [Текст] / В.М. Бондаренко, А. Л. Шагин. – М.: Стройиздат, 1987. – 175 с.
8. Протодьяконов, М.М. Методика рационального планирования экспериментов [Текст] / М.М. Протодьяконов, Р.И. Тедер. – М.: Наука, 1970. – 80 с.

D.A. KALAFATOV

DESIGN OF THE EXPERIMENT FOR RESEARCH OF DOUBLE-LAYERED STIFFENED RAFTS WORK

Abstract. The paper analyses the results of preliminary experimental research of double-layered stiffened rafts work; the author offers design for further experimental investigations of double-layered stiffened rafts.

Key words and phrases: raft; factor; research; combination square.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕНОСТЕЙ ИХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

Аннотация. В работе рассмотрено эффективность применения двухпериодного режима отопления зданий при различных условиях эксплуатации. Проведены натурные исследования процессов остывания и нагрева помещений. Показана целесообразность перехода на двухпериодный режим нагрева зданий при различных температурах наружного воздуха.

Ключевые слова: двухпериодный нагрев, энергосбережение в системах отопления, системы отопления.

Анотація. В роботі розглянуто ефективність застосування двохперіодного режиму опалення будівель при різних умовах експлуатації. Проведено натурні дослідження процесів охолодження і нагріву приміщень. Показано доцільність переходу на двохперіодного режим нагріву будівель при різних температурах зовнішнього повітря.

Ключові слова: двохперіодний нагрів, енергозбереження в системах опалення, системи опалення.

Abstract. This article examines the effectiveness of the two-period the heating of buildings under different operating conditions. Conducted field studies processes owls cooling and heating of buildings. The expediency of the transition to the two-period mode of heating buildings at different ambient temperatures.

Key Words: two-period heating, energy saving heating systems, heating systems.

Введение. В настоящее время довольно остро стоит вопрос экономии энергоресурсов на нужды теплоснабжения зданий. На практике применяются различные мероприятия для снижения энергопотребления. Как правило речь идет о пассивной и активной системе энергосбережения здания. Однако вызывает интерес и направление экономии энергоресурсов связанное с переменным тепловым режимом зданий. Такой режим теплоснабжения наиболее интересен применительно к общественным зданиям с «нерабочими периодами» - ночь, а также выходные дни.

Переменный тепловой режим основан на поддержании требуемой температуры воздуха в помещении согласно норм в рабочий период, а также «дежурной» температуры воздуха в «не рабочий» период. Также влияние на тепловой режим здания в рабочий период оказывают переменные во времени внутренние теплопоступления.

Также необходимо учитывать ограничения по минимальной температуре воздуха в помещении, связанное с эксплуатационными особенностями помещений (относительная влажность, температура наружных ограждений и т.д.).

Каждое общественное здание имеет свои особенности:

- режим работы;
- конструкции наружных ограждений;
- прочее.

Анализ публикаций. Невзирая на огромное множество общественных зданий их можно условно классифицировать:

1. По режиму работы в рабочий период:
 - постоянный (офисы, административные учреждения);
 - периодический (кинотеатры, учебные аудитории);
 - переменный (кафе, рестораны, клубы).
2. По конструкциям наружных ограждений:
 - классические (кирпичные);
 - теплоизоляционные (пенобетон, газобетон);
 - с фасадным остеклением.
3. Система отопления.
 - отопительные приборы с естественной конвекцией (радиаторы, теплый пол);
 - отопительные приборы с вынужденной конвекцией (фенкойлы, встраиваемые конвектора с вентилятором).

Цель и постановка задач. Определить эффективность использования двухпериодного режима отопления для общественных зданий при различных условиях.

Методика исследования. При расчете системы теплоснабжения здания на двухпериодную работу нужно учитывать тепловлажностный режим отапливаемых помещений. Данное обстоятельство способно влиять на минимальную температуру воздуха внутри помещения. Минимальная температура воздуха в помещении будет определяться температурой точки росы на внутренних поверхностях наружных ограждений. Так температура точки росы для административных зданий при температуре воздуха внутри помещения 18°C и относительной влажности 40 % («нижний предел» допустимых климатических условий воздуха внутри помещения) составляет 5°C . А при температуре воздуха внутри помещения 22°C и относительной влажности 60 % («верхний предел» допустимых климатических условий воздуха внутри помещения) составляет 14°C . Для избегания конденсации влаги на внутренних поверхностях наружных ограждений температура должна быть как минимум на 1°C больше температуры точки росы. При этом температуру в помещении необходимо поддерживать выше температуры внутренних поверхностей наружных ограждений.

Так при температуре наружного воздуха -18°C (параметр «Б» холодного периода для условий г. Одесса), температуре точки росы 5°C - температура воздуха внутри помещения должна быть не менее 11°C (при использовании энергосберегающих стеклопакетов). При температуре наружного воздуха -1°C (средняя температура за отопительный период для условий г. Одесса), температуре точки росы 5°C - температура воздуха внутри помещения должна быть не менее $7,5^{\circ}\text{C}$ (при использовании энергосберегающих стеклопакетов).

Для трех типов общественных зданий было проведено исследования двухпериодных режимов работы системы теплоснабжения (рис.1) при различных конструкциях наружных ограждений:

- административное здания из кирпичных стен;

- административное здание из пенобетонных стен;
- офисный центр из фасадным остеклением.

При расчетах было учтен график работы в здании 9-00 – 18-00. Система отопления в здании из кирпичных и пенобетонных стен – радиаторная, в офисном центре – система конверторного типа с механическим побуждением.

Результаты и их анализ. Как видно из графиков наиболее инерционным является система радиаторного отопления здания с кирпичными стенами. При этом следует отметить незначительное отклонение температуры стен в процессе остывания – порядка 1-2 градуса внутренние стены и порядка 2-3-х градусов наружные стены. Также следует отметить время остывания радиаторов – порядка 2-х часов. Учитывая естественную конвекцию системы отопления процесс разогрева здания довольно инерционный – порядка 5 часов.

Здания из пенобетона отличается большей инерционностью остывания за счет более высокого коэффициента термического сопротивления.

На фоне предыдущих зданий офисное здание из системой отопления на базе «фенкойлов» выгодно отличается меньшей инерционностью нагрева не более 1 часа, что позволяет увеличить ночной режим отопления.

Однако стоит заметить, что система отопления здания офисного центра включается в работу на пониженных мощностях уже на второй час после отключения и работает на ночной период порядка 10 часов, после чего начинает прогревать здание к началу рабочего дня. Отопление здания из пенобетона практически не работает на ночной режим. За счет инерционности здание остывает и не достигая температуры 11 °С включается система отопления на прогрев здания перед началом рабочего дня.

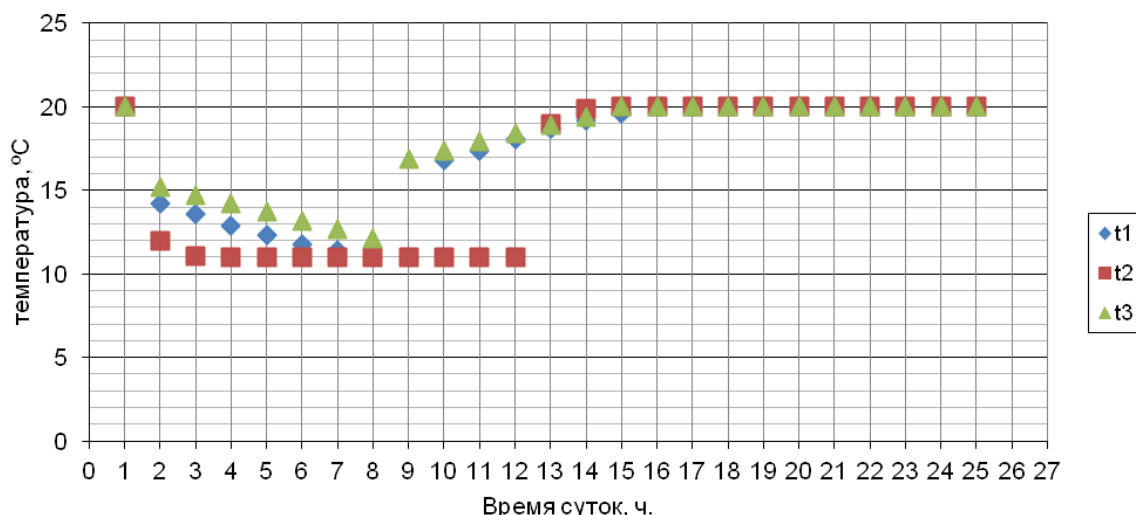


Рис. 1. Изменение температуры воздуха в помещении при двухпериодном режиме отопления для различных типов зданий: t_1 – кирпичное административное здание; t_2 – офисный центр из остекленного фасада; t_3 – административное здание из пенобетона.

Для сравнения эффективности внедрения двухпериодного режима отопления общественных зданий был проведен сравнительный анализ суточного потребления тепла на нужды отопления (табл. 1).

Результаты сравнительного анализа двухпериодного режима отопления для общественных зданий различных типов

Режим	Экономия тепла, %		
	Кирпичное здание.	Здание из пенобетона.	Здание их фасадным остеклением.
В течении суток при $t=-18\text{ }^{\circ}\text{C}$	4	2	7
В нерабочий период при $t=-18\text{ }^{\circ}\text{C}$	14	10	19
В течении суток при $t=-1\text{ }^{\circ}\text{C}$	10	7	15
В нерабочий период при $t=-1\text{ }^{\circ}\text{C}$	24	19	34

Выводы. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Применение двухпериодного режима работы системы отопления без существенных капитальных затрат позволяет сэкономить энергоресурсы на отопление.
2. Наиболее эффективно двухпериодный режим работы системы отопления применим к офисному зданию с фасадным остеклением и отопительными приборами типа «фенкойл».
3. При расчетной температуре наружного воздуха ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) двухпериодный режим отопления не дает существенных результатов. Учитывая необходимость дополнительных возможностей в период разогрева здания при данных условиях применять его не целесообразно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. – Москва: Стройиздат, 1979. – 248 с.
2. Еремкин А.И. Тепловой режим зданий/ А.И. Еремкин, Королева Т.И. – Москва: Ассоциация строительных вузов, 2001.– 368 с.
3. Мишин М.А. Тепловой режим жилых зданий. – Ползуновский вестник №1, 2011.- 104-115 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВКАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь

Аннотация. В статье приведены данные по распределению скорости, температуры и давления в предложенной конструкции вихревой топки. Выявлен эффект Ранка-Хилша при сжигании газа в области низких давлений (до 10 кПа), что подтверждено экспериментальными данными и предложено применение этого вихревого эффекта в топках жаротрубных отопительных котлов малой мощности для сглаживания колебаний тепловой нагрузки потребителя.

Ключевые слова: отопительный котел малой мощности, эффект Ранка-Хилша, термопара, тепловоспринимающая поверхность.

Анотація. У статті наведено дані щодо розподілу швидкості, температури і тиску в запропонованій конструкції вихрової топки. Виявлено ефект Ранка-Хілша при спалюванні газу в області низьких тисків (до 10 кПа), що підтверджено експериментальними даними і запропоновано застосування цього вихрового ефекту в топках жаротрубних опалювальних котлів малої потужності для згладжування коливань теплового навантаження споживача.

Ключові слова: опалювальний котел малої потужності, ефект Ранка-Хілша, термопара, поверхня, що сприймає тепло.

Abstract. The article presents data on the distribution of velocity, temperature and pressure in the vortex of the proposed design of the furnace. The effect Ranque-Hilsch gas combustion at low gas pressures (10 kPa), which is confirmed by experimental data and the proposed application of the vortex effect in the furnaces of fire-tube boilers of small capacity for smoothing of the heat load of the consumer.

Key Words: the boiler is a low power, Ranque-Hilsch, thermocouple, surface which receives heat.

Введение. Изношенность тепловых сетей и низкое качество тепловой энергии, предоставляемой потребителю, побуждает последнего отказываться от централизованного теплоснабжения в пользу децентрализованного. Также централизованное теплоснабжение очень инерционным с точки зрения его особенностей (задержка поставки тепла в начале отопительного периода и его отключение в конце). Эта проблема решается установкой индивидуальных теплогенерирующих установок на примере зарубежного опыта, когда основное внимание уделяется не капитальным затратам, но эксплуатационными.

Анализ публикаций. Выполненные в последние годы исследования показали, что теплогенерирующие установки большую часть времени работают не в номинальном режиме, учитывая особенности подбора оборудования. Наиболее перспективным направлением является повышение коэффициента использования топливных ресурсов за счет повышения КПД

теплогенерирующих установок в нестационарных режимах путем усовершенствования аэродинамики топок котлов при взаимодействии закрученных потоков. Но в настоящее время не существует методик расчета влияния максимума температур в топке в жаротрубных теплогенераторах, а современные исследования не решили окончательно эту проблему.

Цель и постановка задач. Исследования, направленные на повышение КПД теплогенерирующих установок в нестационарных режимах путем усовершенствования аэродинамики топок котлов по управлению максимумом температур в топках жаротрубных теплогенераторов мощностью от 100 кВт до 300 кВт.

Методика исследования. Для решения поставленной задачи был разработан и изготовлен экспериментальный стенд для исследования огневых процессов, в основу которого положена вихревая топка в изоляции с двумя тангенциальными подводами (рис. 1).

Топливо-воздушная смесь в топочное пространство поступала с помощью двух горелок Бунзена с коэффициентом избытка воздуха 1,05-1,1 через два тангенциальных патрубка.

Кроме замеров температуры уходящих дымовых газов через дроссель и диафрагму, температуры термопар по поверхности (по длине) топки проводилась качественная оценка распределения линий тока по объему топки. Оба разноименно закрученных факела взаимодействуют друг с другом, вихревое ядро, а, следовательно, максимум температур максимально приближены к пристенному слою. Анализ распределения температуры по длине тепловоспринимающих поверхностей (рис. 2, рис. 3) показал, что при постоянной величине расхода газа перераспределением потоков дымовых газов возможно добиться приближения максимума температур к стенкам топки, а, следовательно, увеличение градиента температур «дымовые газы - рабочее тело» и теплонапряженности топочного пространства.



Рис. 1 Экспериментальный стенд с теплоизоляционным кожухом
1 – тангенциальный подвод; 2 – диафрагма; 3 – дроссель; 4 – тепловая изоляция;
5 – хромель-копелевые термопары.

Затем была проведена серия опытов для различных расходов газа (18кг/ч, 30кг/ч и 45кг/ч). В каждой из серий опытов для каждого из расходов также газа изменялось положение дросселя. Проанализировав распределение температур по длине тепловоспринимающей поверхности (рис. 4.7 - 4.9) определили наличие вихревого эффекта: за счет перераспределения дымовые газы у периферии, выходящие через дроссель, имели более высокую температуру, чем дымовые газы на оси топки, выходящие через диафрагму. Причем чем больший расход газа устанавливался в серии опытов, тем устанавливалась большая разница температур дымовых газов через дроссель и диафрагму.

Анализ распределения поля скоростей и температур в топочном пространстве показал, что расположение максимума температур смещается в пристенный слой, а минимум – на оси топки, очевидно, как следствие температурного торможения. На основании полученных распределений полей температуры и скорости предложена усовершенствованная модель котла с поворотом факела и отводом продуктов сгорания в торцах камеры, соответственно, осевым и коаксиальным, которая позволяет более рационально использовать генерируемое тепло для нескольких типов потребителей. Общий вид камеры сгорания приведен на рис. 7.

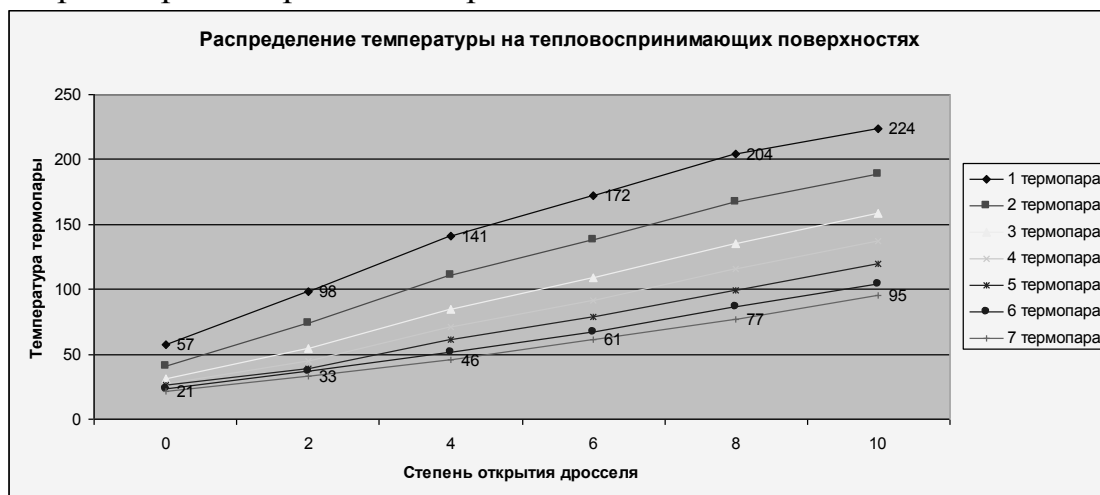


Рис. 2 Результаты экспериментальных исследований изменения температуры при различной степени открытия дросселя

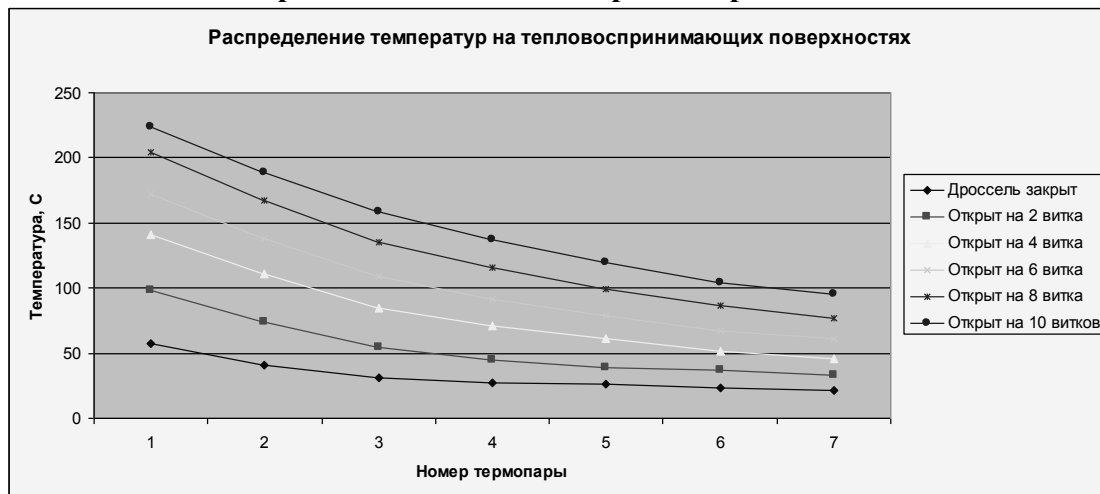


Рис. 3 Результаты экспериментальных исследований изменения температуры при различной степени открытия дросселя

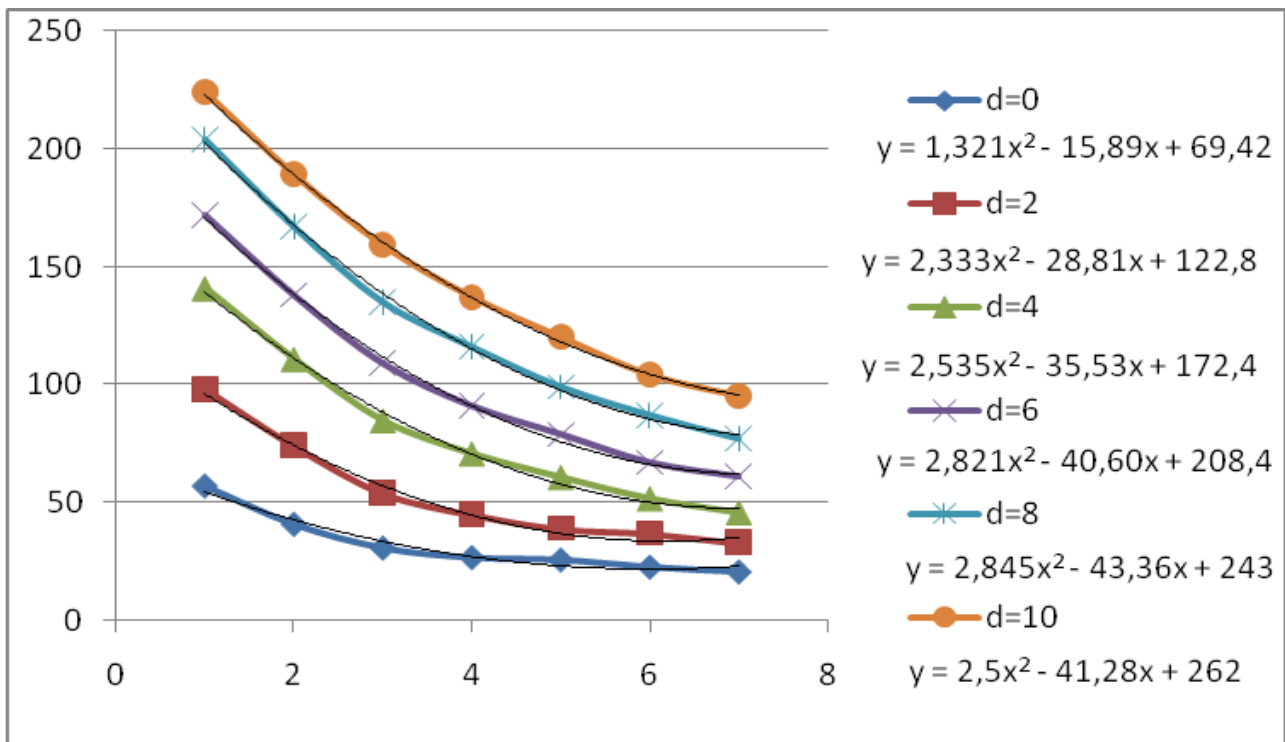


Рис. 4 Результаты экспериментальных исследований изменения температуры при различной степени открытия дросселя. Расход газа 18кг/ч. (Ось абсцисс – термопары, ось ординат – температура соответствующей термопары)

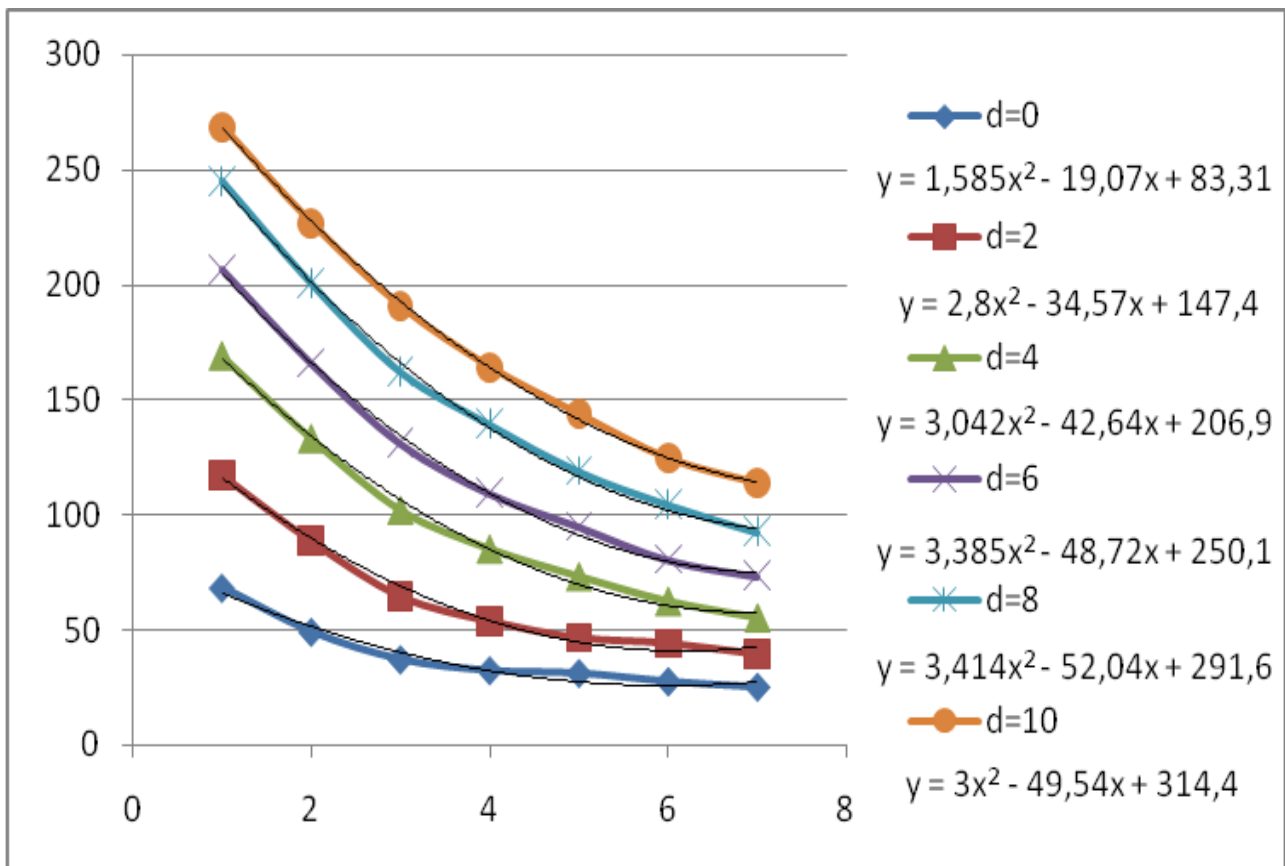


Рис. 5 Результаты экспериментальных исследований изменения температуры при различной степени открытия дросселя. Расход газа 30кг/ч. (Ось абсцисс – термопары, ось ординат – температура соответствующей термопары)

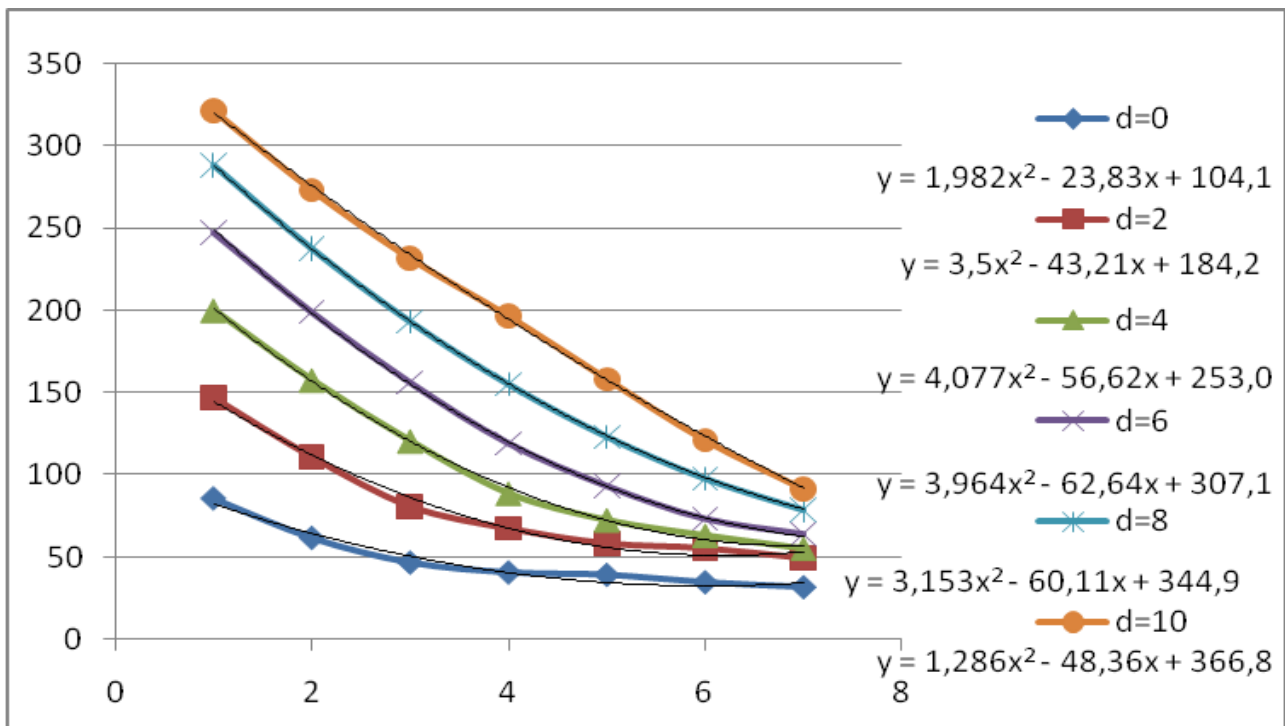


Рис. 6 Результаты экспериментальных исследований изменения температуры при различной степени открытия дросселя. Расход газа 45кг/ч. (Ось абсцисс – термопары, ось ординат – температура соответствующей термопары)

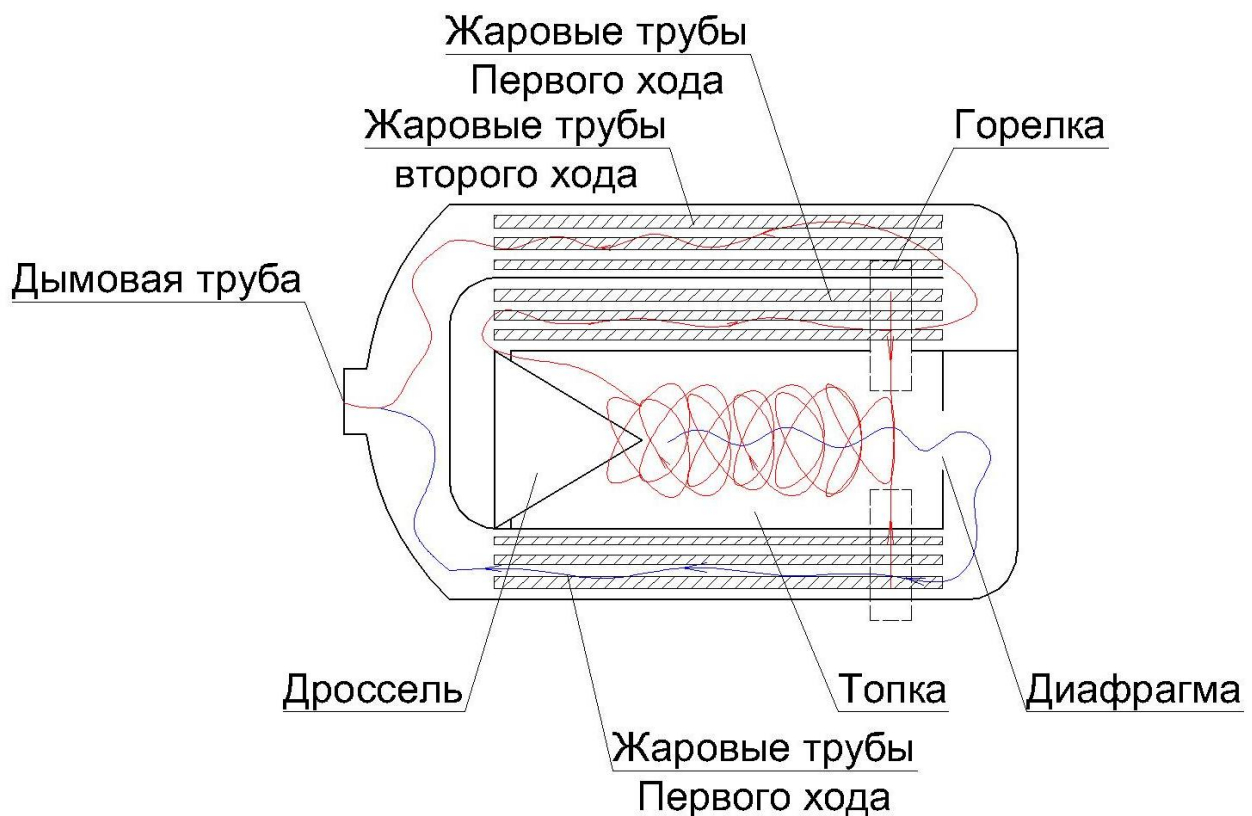


Рис. 7 Предложенная модель топki жаротрубного котла мощностью от 100 до 300 кВт.

При полностью закрытом дросселе предложенная модель работает как двухходовой котел с инверсионной топкой – весь объем дымовых газов

выходит через диафрагму. Максимум температур находится в центре топочного объема. Два закрученных потока продуктов горения взаимодействуют между собой, образуя единый поток дымовых газов, достигающий дросселя и под действием центробежных сил и вытесняемый новыми порциями дымовых газов через диафрагму. При снижении отопительной нагрузки необходимо снизить тепловую мощность теплогенерирующей установки. Однако при этом снижается КПД теплогенерирующей установки [112, 113, 115]. Для предотвращения этого открывается дроссель – часть дымовых газов уходит через кольцевую щель дросселя, а часть – через диафрагму. При этом, благодаря вихревому эффекту и взаимодействию закрученных потоков дымовые газы с большей температурой находятся в пристенном слое, интенсифицируя теплообмен с рабочим телом. Дымовые газы, выходящие через диафрагму, имеют несколько меньшую температуру, чем выходящие через дроссель.

Результаты и их анализ. Распределения радиальной и тангенциальной составляющих скорости на срезе патрубка аналогично профилям для сильнозакрученных струй, приведенных в многочисленных работах [16, 19, 20], однако следует отметить, что распределение тангенциальной скорости в отличие от более сглаженного профиля радиальной, имеет четко выраженный минимум, расположенный на границе обратных токов, что вероятно, вызвано резким расширением струи при выходе из сопла и вовлечением окружающей массы воздуха в возвратное течение на оси струи, при этом разница в скорости между центральной осью и границей области обратных токов возникает вследствие инерционности массы окружающего воздуха и максимума тангенциальной скорости, приходящегося на периферийную область.

Эволюция распределения радиальной скорости при удалении от среза подающего патрубка показывает, что максимум данной составляющей скорости зеркально меняет свое положение относительно центральной оси с шагом 0,1 м, а минимум (соответствуя области обратных токов) расширяется, уменьшаясь в абсолютном значении по мере увеличения расстояния от источника струи. Такое поведение скорости может объясняться односторонним тангенциальным подводом воздуха, что приводит к неравномерному распределению вращающейся массы вокруг оси, однако, такое возможно при замерах скорости с распределением по времени, равном угловой скорости вращения, а в данном случае замеры проводились в один промежуток времени. То есть наиболее вероятным является влияние вихревого ядра, винтовая траектория которого (во втором разделе данной работы было показано, что вихревое ядро не прямолинейно, а скручивается вокруг центральной оси закрученного потока) и, очевидно, имеет шаг, кратный диаметру патрубка.

При изменении положения максимума температур в топочном пространстве, изменяется значение критерия M (степень черноты факела, коэффициент тепловой эффективности и видимое тепловое напряжение остаются неизменными), что влияет на температуру дымовых газов на выходе из топки. При расположении максимума температур на оси топки, критерий $M=0,35$. Для этого значения M соответствует температура дымовых газов

1130°C. При нахождении максимума температур непосредственно у тепловоспринимающих поверхностей критерий $M=0,55$, что соответствует температуре дымовых газов на выходе из топки 930°C.

Анализ двух возможных положений максимума температур в топочном пространстве показал, что приближение максимума температур к стенкам топки интенсифицирует теплообмен в топочном пространстве, о чем свидетельствует снижение температуры дымовых газов на выходе из топки.

Выводы. Экспериментальные исследования процессов горения газообразного топлива в теплогенерирующих установках малой мощности (100-300кВт) с тангенциальным подводом горелок в топку показали, что распределение скорости, давления и температуры в объеме топки подтверждают аналогичные теоретические распределения (расхождение не превышает 10%), при этом выявлено изменение положения максимума и минимума температур по отношению к стенкам камеры в зависимости от объема сжигаемого газа, которое обратно пропорционально степени крутки потока в горелке и обратно - углу раскрытия струи. Также получены данные по распределению скорости, температуры и давления в предложенной конструкции вихревой топки, отличающиеся тем, что выявлен эффект Ранка-Хилша при сжигании газа в области низких давления (до 10 кПа), что подтверждено экспериментальными данными и предложено применения этого вихревого эффекта в топках жаротрубных отопительных котлов малой мощности для сглаживания колебаний тепловой нагрузки потребителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вагнер Гюнтер Экономические показатели современных котельных установок. Отдельный выпуск на основе материалов из HLH36 (1985) изд. VDI GmbH, Дюссельдорф
2. Торчинский Я.М. Нормирование расхода газа для отопительных котельных. – Л.: Недра, 1991. – 163с.: ил.
3. Адольф Мировски Материалы для проектирования котельных и современных систем отопления. – Польша: Виссманн, 2005. – 294 с.
4. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике: Машиностроение, 1969. - 185с.
5. Лумми А.П. Мунц В.А. Расчет жаротрубно-дымогарного котла. - ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2009
6. Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В, Харитонович А. И, Пономарев Н. Б., -СПб.: БХВ-Петербург. 2005. -800 с,; ил
7. Аэродинамика закрученной струи./Ахмедов Р.Б., Балагула Т.Б., Рамидов Ф.К.,Сакаев А.Ю./Под ред.Ахмедова Р.Б. -М.: Энергия, 1977. -240 с.
8. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 588 с.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦВЕТА И СВЕТА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: maksimenko_alexs@mail.ru

Аннотация. Цветовой эффект в архитектуре зависит от множества факторов – собственно цвета, источника света, расстояния, типа поверхности и фона. Грамотный подход к системе средств и методов цветового моделирования позволит архитектору избежать многих ошибок.

Ключевые слова: цветовая архитектура, форма, колористика, пространство, свет, город, цветовое моделирование.

Постановка проблемы. В древний период число цветов, окружающих человека, было ограничено натуральными тонами, связанными с собственным цветом материала или красителями минерального происхождения. XIX век изобилует научными открытиями, которые использовались в промышленности – появился широкий спектр пигментов-красителей, основанных на соединениях металлов: хрома, кадмия, кобальта, цинка, меди и даже мышьяка. Поэтому цветовая палитра доступных в настоящее время материалов достаточно велика. Чтобы разные оттенки гармонировали между собой, требуется глубокое знание колористики и способов построения освещения, однако большинство архитекторов при выборе цвета полагаются на свою интуицию без учета основных принципов, которые управляют цветом и без знания типов источников освещения. Поэтому стоит представить некоторые фрагменты из области знаний о цвете, чтобы способствовать более осмысленному цветовому и световому оформлению зданий (рис.1).

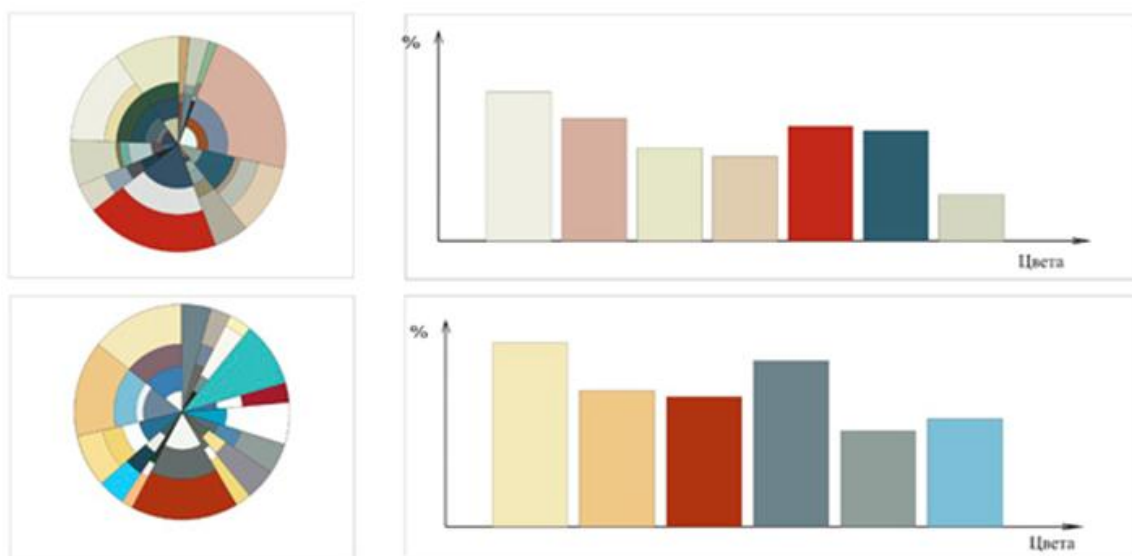


Рис 1. Пример диаграмм цветовой раскладки и графиков доминирующих цветов

Анализ исследований и публикаций. Понятие о свете в архитектуре, а также стремление им управлять уходят корнями в глубокую древность. Архитекторы прошлого широко использовали световую адаптацию зрения. Например, в греческой архитектуре солнечный свет использовался как средство выражения тектоники храма. Светом и тенью утверждается его структура и прежде всего его ордер – конструктивная и пластическая основа греческого храма. Для зодчих же барокко солнечный свет – средство создания живописных эффектов, соответствующих стилю архитектуры [1].

Цвет - неотъемлемый атрибут предметно-пространственной среды. Созданное природой человек обычно считает гармоничным: но, все ли гармонично по цвету в искусственно созданной среде? В этой связи возрастает актуальность изучения опыта выдающихся мастеров архитектуры и искусства в исследовании цвета для дальнейшего совершенствования эстетической выразительности архитектуры города [2].

Активизация полихромии в архитектуре города сегодня рассматривается как актуальная профессиональная задача архитекторов, градостроителей, искусствоведов. Они призваны реабилитировать цвет [3].

Цвет в архитектуре — одно из средств архитектурной выразительности. Композиционные задачи в области цвета при возведении зданий, сооружений и архитектурных комплексов решаются путем использования собственного цвета, или отделочных материалов, окрашиванием поверхностей в процессе возведения зданий и сооружений, либо при изготовлении отдельных конструктивных элементов в заводских условиях.

Табл 1. Зависимость видимого цвета от цвета освещения

Цвет объекта	Цвет освещения			
	голубой	красный	зеленый	желтый
Белый	светло-голубой	светло-розовый	светло-зеленый	светло-желтый
Черный	синевато-черный	красновато-черный	зеленовато-черный	оранжевато-черный
Красный	темно-голубовато-красный	сверкающий красный	желтовато-красный	ярко-красный
Голубой	ярко-голубой	красновато-голубой	зеленовато-голубой	светлый красновато-голубой
Синий	сверкающий голубой	темный красновато-фиолетовый	темный зеленовато-голубой	светлый красновато-фиолетовый
Желтый	синевато-коричневый	коричнево-красный	темный оливково-коричневый	коричнево-оранжевый

Проблема цвета в архитектуре тесно связана с вопросами освещения зданий и сооружений. С помощью цвета можно выделить отдельные сооружения среди других сооружений архитектурного комплекса. С помощью света можно скорректировать существующие цветовые решения и частично или полностью изменить облик здания. На практике часто используется цветовая подсветка объектов (табл.1).

Приведенная таблица наглядно показывает изменение видимого цвета в зависимости от цвета освещения [4].

Цвет зданий оказывает влияние на уровень средних освещенностей улиц, тем большее, чем больше этажность застройки и меньше ширина улиц, что сказывается на эмоционально-образной характеристике застройки. Несмотря на индивидуальные различия в цветовом восприятии существуют общие, одинаковые для всех людей реакции на цветовые тона. Наука предоставляет архитектуре разнообразные возможности для использования влияния цвета на человека, например, цвета холодные и теплые, близкие и далекие, легкие и тяжелые [5].

Основная часть. На восприятие цвета влияют множество факторов. Выделяют внешние, зависящие от окружающей среды, к которым относятся свет, расстояние и тип поверхности, а также внутренние факторы, проистекающие из строения человеческого мозга и глаза.



Рис 2. Пример цветового решения фасадов

Цвет воспринимается и становится видимым благодаря свету. На открытом пространстве цвет объектов в значительной степени зависит от естественного освещения, его направления и интенсивности. Красный и желтый цвета, дольше всего остаются видимыми чем зеленый и голубой.

Также на восприятие цветового решения имеет влияние ориентация стен относительно сторон света. Стена, обращенная к востоку, получает мягкий утренний свет. Западная – приглушенный вечерний, красноватого оттенка. Северная стена получает меньше всего света и потому выгоднее всего окрашивать ее в светлые тона. Южная стена может быть даже интенсивного, блестящего цвета, т.к., учитывая наиболее яркое освещение, ее визуальное воздействие значительно снижается (рис.2).

Большое значение на восприятие формы и цвета оказывает тип светильника, которым выхватывается из темноты архитектурный объект. Так, в свете ламп накаливания почти отсутствуют синяя и фиолетовая части спектра, поэтому красные, оранжевые, желтые и зеленые цвета воспринимаются лишь с незначительными отклонениями по сравнению с этими же цветами при

дневном свете, в то время как синие и фиолетовые поверхности значительно темнеют и краснеют. Свет люминесцентных белых ламп дневного света по своему спектральному составу близок к естественному дневному свету небосвода. При освещении этими лампами восприятие цвета будет относительно правильным, совпадающим с восприятием при дневном освещении. При окраске объектов необходимо учитывать те изменения, которые произойдут с цветом поверхностей при искусственном освещении.

Для освещения объектов, имеющих «теплые» цвета, следует применять преимущественно источники света с низкой цветовой температурой (лампы накаливания, в т.ч. галогенные, люминесцентные типа ЛТБ, ЛБ, ДИаТ и т.п.).

Для освещения объектов, имеющих «холодные» цветовые оттенки поверхностей, следует применять источники света с высокой цветовой температурой (лампы ДРЛ, ДРИ, люминесцентные лампы ЛД, ЛХБ и т.п.).

Расстояние также влияет на восприятие цвета. С его увеличением теряется трехмерность объекта – цвета при этом подвергаются оптическому смешиванию, становятся похожими друг на друга, а также поддаются влиянию воздушной перспективы, приобретая зелено-голубой оттенок. Видимый с далекого расстояния цвет теряет интенсивность, а его оттенок приближается к самому близкому ахроматическому цвету – белому, черному или серому.

Внешние элементы архитектурных объектов воспринимаются в виде окрашенных поверхностей, визуальные свойства которых зависят от целого ряда факторов. Так, можно сказать, что выбор материала накладывает определенные ограничения на цвета, т.к. те же самые цвета, применяемые на различных материалах, вызывают разные чувства и дают разные визуальные эффекты. К примеру: интенсивные цвета приобретают особый блеск на материалах с гладкой, глянцевой поверхностью: эмаль, цветное стекло, глазурь, клинкер или искусственные материалы. Зато матовая, крупнозернистая или волокнистая фактура (штукатурка, сырцовый кирпич, бетон, грубо обработанный камень) лучше гармонирует с менее насыщенными цветами, приближенными к встречающимся в природе оттенкам. Фактура штукатурки также непосредственно влияет на цветовое решение: чем крупнее гранулы, тем более темным будет казаться цвет. При этом стоит учитывать и размер самого элемента: покрывающий маленькую площадь цвет кажется менее интенсивным, чем тот же тон на большой поверхности.

Грамотно подобранные цвета и освещение могут существенно разнообразить городскую среду с точки зрения визуальных качеств застройки городов. Ошибочно представление, будто цвет и свет - средства второстепенные, подчиненные объему и пространству.

Выводы. Цветовое моделирование - система средств и методов, направленная на решение композиционных задач, возникающих в проектном творчестве архитектора. Создание образно - понятийных и материально - предметных цветовых моделей способствует всестороннему исследованию исходной колористической ситуации, предвидению и обоснованию колористического решения с учетом условий восприятия и эстетического

воздействия на зрителя. Являясь важнейшим средством изучения архитектурной колористики, цветовые модели являются надежным средством поиска и наглядной демонстрации закономерностей цвето – объемно – пространственной композиции.

Литература

1. Специфические особенности использования цвета и света в различных архитектурных стилях. – URL: http://www.rusnauka.com/1_NIO_2013/Stroitelstvo/1_124470.doc.htm
2. Яргина З.Н. Эстетика города. М.: Стройиздат, 1991. 366с.
3. Ефимов А.В. Колористика города. – М.: Стройиздат, 1990. – 272с
4. Понятие цвета и его роль в архитектуре. – URL: <https://sites.google.com/site/colorandarchitecture/glava-1>.
5. Келер В., Лукхардт В., Свет в архитектуре. Свет и цвет, как средства архитектурной выразительности, пер. с нем., М., 1961.

SPECIFIC FEATURES OF THE USE OF COLOR AND LIGHT IN MODERN ARCHITECTURE

Summary

Color effect in the architecture depends on many factors - the actual color of the light source, distance, type of surface and background. Sound approach to the system of means and methods of the color simulation will allow the architect to avoid many mistakes.

К ВОПРОСУ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕТКИ СТРУКТУРНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ КРУГЛОЙ ТРУБЫ.

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: arlekincool@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены вопросы исследования работы узловых соединений структурных плит. Представлены результаты теоретических расчетов и практических испытаний. Выполнен анализ, полученный данных. Произведено сравнение практических и теоретических значений. Сделаны выводы по результатам исследований.

Ключевые слова: программный комплекс "Лира", расчетные модели, конечные элементы (КЭ), узлы структурных конструкций.

Анотація. Розглянуто питання дослідження роботи вузлових з'єднань структурних плит. Представлені результати теоретичних розрахунків і практичних випробувань. Виконаний аналіз, отриманий даних. Зроблене порівняння практичних і теоретичних значень. Зроблено висновки за результатами досліджень.

Ключові слова: програмний комплекс "Ліра", розрахункові моделі, кінцеві елементи (КЕ), вузли структурних конструкцій.

Abstract. The questions of the research joint connections of structural slabs. The results of theoretical calculations and practical tests. The analysis of the obtained data. Comparison of theoretical and practical values. Conclusions based on research findings.

Key Words: software package "Lira", computational models, finite elements (FE), components of structural designs.

Введение. После распада Советского Союза основная часть заводов по производству элементов для легких структурных конструкций осталась на территории России. Возможности Украины по быстрому наращиванию производственных мощностей по производству конструкций из эффективных быстровозводимых структурных покрытий значительно снизились. К этому времени появилась необходимость в разработке зданий с уменьшенной сетки колонн с небольшой ячейкой и эффективным защитным покрытием всех элементов структурных конструкций.

Разработанные при участии автора структурные конструкции с ячейкой средних размеров позволяют значительно ускорить выпуск конструкций, которые имеют высокую эффективность при изготовлении и минимальные эксплуатационные расходы. Для их изготовления было создано фасонное узловое соединение, позволяющее быстро выполнить соединение стержневых элементов, не нарушая защитного покрытия [1, 2].

Анализ публикаций. Цель расчета. Анализ существующих публикаций показал недостаточное освещение решения прикладных задач расчета несущей способности и деформативности фасонных узлов структурных конструкций и элементами решетки, выполненной из круглых труб.

В данной работе уделяется внимание определению НДМ элементов узлового соединения структурной конструкции и их деформативности.

Цель - численные и экспериментальные исследования узловых соединений структурных конструкций для определения наиболее вероятных причин отказа.

Результаты и их анализ. Численные исследования пространственных моделей и элементов структурных конструкций выполнялись на ПК «Лира». Испытания узловых соединений структурной на сжатие выполняли в прессе П-125, а на растяжение в разрывной машине Р-50.

Фасонное узловое соединение серии УФ состоит из восьми стержневых элементов, имеющих вилкообразный конец и узлового элемента, в который входят восемь фасонки жестко соединенных между собой [4]. Стержневые элементы представляют собой четыре трубы диаметром 57мм толщиной 3,5мм, и четыре трубы диаметром 47мм толщиной 3мм, каждая из которых имеет вилочный узел. Фасонки выполнены из пластин толщиной 10мм (Рис.1).

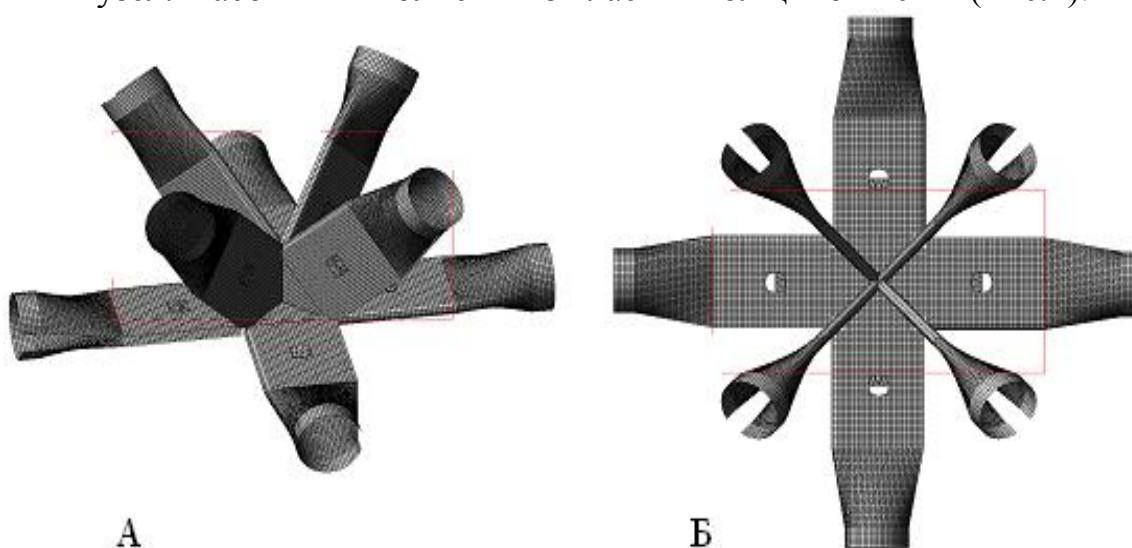


Рис. 1. Расчетная модель узлового соединения системы УФ: А – общий вид расчетной модели узлового соединения системы УФ; Б – вид сверху модели узлового соединения.

Численные исследования при испытании на сжатие получили, что распределение нормальных напряжений по длине фасонки узлового соединения УФ не равномерно. Продольные напряжения имеют максимальное значение у мест расположения болтовых соединений и уменьшаются к центральной части узла. Уровень продольных сжимающих напряжений у мест расположения болтового крепежа достигает величин смятия металла и достаточно велик в других конечных элементах нижних фасонках. Поперечные напряжения нижних фасонках на участке между болтами имеют знакопеременный характер. График отображает характер напряжений, возникающих по наиболее нагруженной плоскости элемента. Плоскость проходит через болтовые соединения и центр стержневого элемента (Рис. 2А).

При численном исследовании на растяжение получили, что максимальными напряжениями являются напряжения растяжения. Их максимальная величина возникает в конечных элементах вблизи отверстия,

расположенных на его диаметрально противоположных участках перпендикулярно от направления действующей нагрузки [3]. График отображает характер напряжений, возникающих по наиболее нагруженной плоскости элемента. (Рис. 2Б).

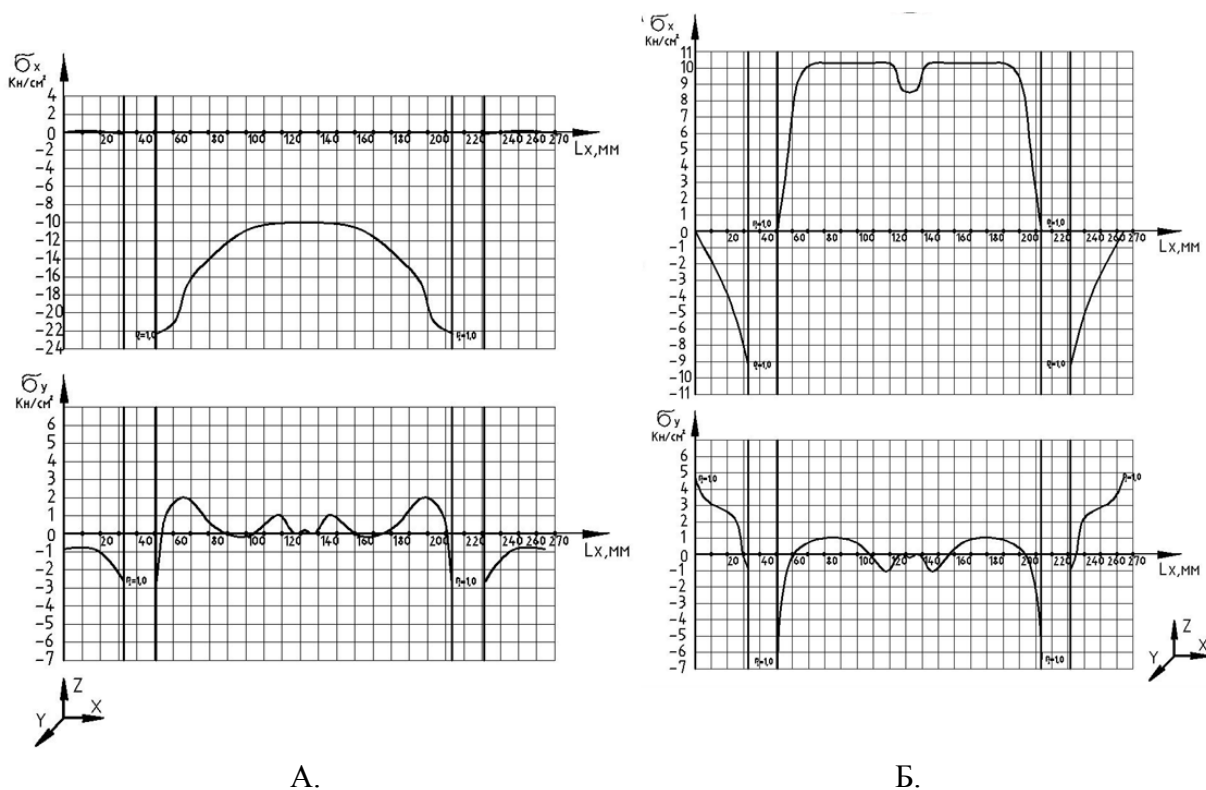


Рис. 2. Графики распределения напряжений в узловом элементе системы УФ на сжатие и растяжение: А - нормальные напряжения σ_x и σ_y в нижней фасонке узла, при сжатии; Б - нормальные напряжения σ_x и σ_y в нижней фасонке узла, при растяжении.

По величине напряжения в этих конечных элементах превышают прочность металла на разрыв, и очевидно здесь будут зарождаться трещины. Вместе контакта болта со стержневым элементом по направлению действующей нагрузки возникают большие локальные напряжения близкие к прочности металла на смятие. Далее расположена зона в которой возникают напряжения сжатия достаточно большой величины. Эта область распространяется от места расположения болтового соединения по направлению действующей нагрузки к свободному торцу элемента. Наиболее вероятным разрушением этого элемента будет - вырыв. (Рис. 2Б).

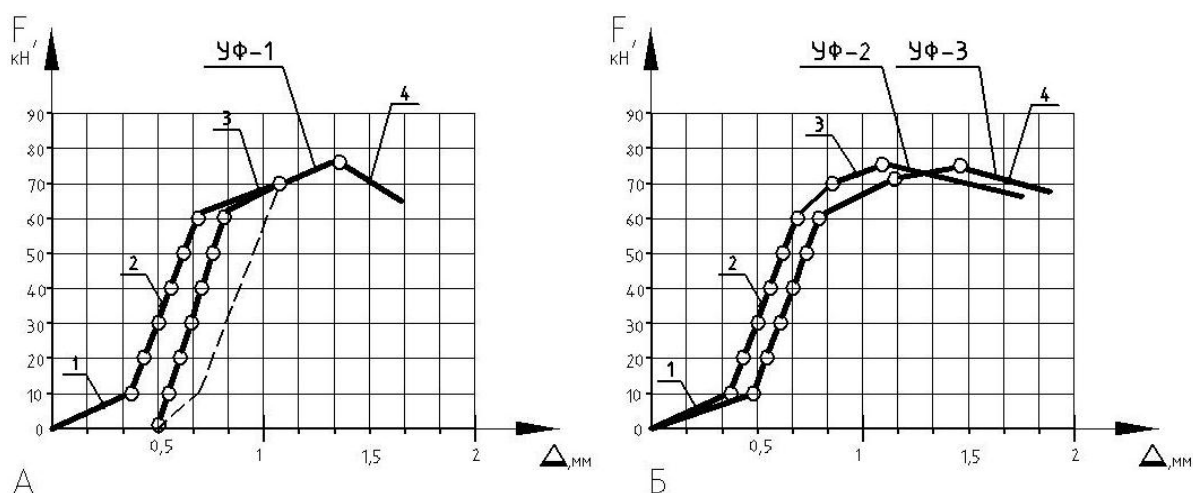


Рис. 3. Графики зависимости деформаций смещения стержневых элементов в узловых соединениях структурной системы УФ от сжимающих нагрузок: А – Узловое соединение 1; Б – Узловые соединения 2, 3; 1, 2, 3, 4 – стадии работы узлового соединения.

Графики зависимости деформаций смещения стержневых элементов от осевых нагрузок для узловых соединений 1, 2, 3 представлены на Рис. 3 и 4. Из графиков видно, что узловые соединения, при испытании на сжатие (рис. 3), имеет четыре стадии работы. На первой стадии работы происходят смещения нагружаемых элементов, связанные с податливостью болтового соединения. Эти смещения не большие, поскольку при центровке образца основная величина этих смещений была выбрана. На второй стадии соединение работает упруго, деформации узла пропорциональны прикладываемой нагрузке на узел. На третьей стадии работы при нагрузке более 62кН появляются неупругие деформации узлового соединения. Это связано со смятием металла стенок стержней, а также деформациями изгиба и смятия болта.

На четвертой стадии работы соединение переходит в упруго пластическую стадию работы, увеличиваются деформации смятия металла на границе контакта болта и отверстия, а также в крайних фибрах нагружаемых фасонки критические напряжения достигают напряжений, равных напряжениям предела текучести. Причина разрушения узлов является потеря устойчивости нагружаемых фасонки и смятия металла стенок стержневых элементов вместе контакта с болтом.

Узловые соединения, при испытании на растяжение (рис. 4), при первой ступени нагружения были зафиксированы деформации смещения элементов равные 0,3мм. На второй, третьей и последующих ступенях загрузки деформации смещения элементов узлового соединения уменьшились. Показания приборов свидетельствовали о том, что соединение работает в упругой стадии. Изменений деформаций при выдержке узлового соединения под нагрузкой не происходило.

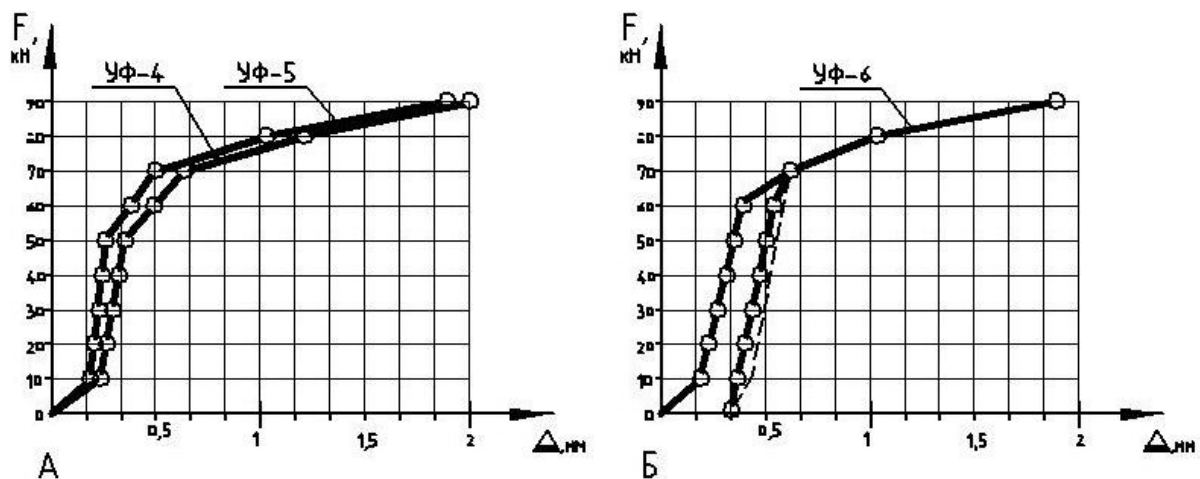


Рис. 4. Графики зависимости деформаций смещения стержневых элементов в узловых соединениях структурной системы УФ от растягивающей нагрузки: А – Узловое соединение УФ-4, УФ-5; Б – Узловые соединения УФ-6.

При пятой ступени нагружения индикаторы показали увеличение деформаций взаимного смещения стержневых элементов узлового соединения. При этом начало происходить деформирование стержневого элемента в месте нахождения продольной прорези.

Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к потере местной устойчивости деформированного торцевого участка стержня. Потеря местной устойчивости вызвала поперечные деформации стенок вилочного соединения стержневого элемента и как не странно способствовала увеличению разрушающего усилия соединения при растяжении. При поперечной деформации стенок вилочного соединения головка болта и его гайка начинают контактировать с деформированными стенками вилочного соединения, что приводит к включению их в работу. Поскольку размеры головки болта и его гайки значительно превышают диаметр стержня, то несущая способность узлового соединения на растяжение оказалась выше несущей способности на сжатие.

Сопоставление результатов численных и экспериментальных исследований показало, что наиболее вероятной формой отказа узловой системы УФ при сжатии будет потеря устойчивости пластины узлового соединения. При растяжении наиболее вероятной формой отказа будет смятие с последующей местной потерей устойчивости стенки стержневого элемента.

Выводы. 1. Причиной разрушения узловых соединений структурной конструкции при действии осевых усилий является потеря устойчивости фасонки узлового элемента от сжимающих усилий. Форма потери устойчивости совпадает с первой формой потери устойчивости, полученной на расчетной численной модели узлового соединения. Разрушающие нагрузки при экспериментальных испытаниях незначительно превышают расчетные усилия, полученные на компьютерных моделях узловых соединений.

2. Анализ напряженно деформированного состояния узлов, полученный на электронных моделях, позволяет с достаточной точностью прогнозировать наиболее вероятный отказ узлового соединения. Характер разрушения узлов,

полученный на электронных моделях, совпадает с результатами, полученными при натурных испытаниях узлов.

Литература

1. Трофимов В. И., Бегун Г. Б., Структурные конструкции. – М.: Стройиздат, 1972г. С-172.
2. Металлические перекрестно стержневые пространственные конструкции покрытий. Файбишенко В.К.// Обзорная информация. – М.: ВНИИТПИ, Серия, Строительные конструкции. Выпуск. 6. 1990г. С 83.
3. Пакет прикладных программ «Лира W. 9.6». К., НИИАС, 2010.
4. Митрофанов В.А., Синцов В.П., Митрофанов С.В., Узел соединения пространственной стержневой конструкции. // Патент Украины №28673.- К.: УКРПАТЕНТ, Бюл. № 21, 2007. 4 с.
5. Строительные нормы и правила 11-23-81*. Строительные конструкции /ЦНИИСК им.Кучеренко. ЦИТП Госстроя СССР. -М.:1987. - 96с
6. Власов В.З. Тонкостенные пространственные системы М.: Физматгиз 1959,- 568 с.
7. Розин Л.А. Задачи теории упругости и численные методы их решения. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 530с.
8. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела.- М.: Наука, 1977.- 415 с.
9. Пособие по проектированию стальных конструкций (СНиП П-23-81* «Стальные конструкции») // ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. - М.:-ЦИТП Госстроя СССР, 1989.-148 с.
10. ДБН В.1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – К.: Минстрой Украины, 2006. – 78 с.
11. Хисамов Р.И. Расчет и конструирование структурных покрытий. Киев, Будівельник, 1981.-79 с
12. Andrew Charleson. Structure as architecture: a source book for architects and structural engineers, Elsevier, //Architectural Press, 2005 – 228p.
13. G. A. R. Parke, C. M. Howard. Space structures 4, Том 1, //Thomas Telford, 1993. – 1031p.
14. Makowski Z. S. Raumliche Tragwerke aus Stahl. // Stahleisen, 1963 -207p.
15. Rowland J. Mainstone. Structure in architecture: history, design and innovation, //Ashgate, 1999: 423p.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИК РАСЧЕТА И ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕБЕР НА НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БАЗЫ КОЛОННЫ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
emails: napks.kafedramidk@mail.ru, mar_goo@inbox.ru*

Аннотация. В данной статье изложена постановка задачи по исследованию существующих методик расчета плитной части базы колонны, описана работа плиты под нагрузкой, изложены основные положения расчета плит. Целью данной работы является исследование плиты базы колонны с помощью метода конечных элементов, получение результатов и их анализ. Выявить взаимодействие отдельных участков плиты и изменение их напряженно-деформированного состояния при изменении геометрических параметров одного из участков. Приведен сравнительный анализ методик расчета.

Ключевые слова: база колонны, методы расчета, коэффициенты, момент в плите.

Анотація. У даній статті викладена постановка завдання по дослідженню існуючих методик розрахунку плиткової частини бази колони, описана робота плити під навантаженням, викладені основні положення розрахунку плит. Метою даної роботи є дослідження плити бази колони за допомогою методу кінцевих елементів, здобуття результатів і їх аналіз. Виявити взаємодію окремих ділянок плити і змін у їх напружений-деформованого стану при зміні геометричних параметрів однієї з ділянок. Приведений порівняльний аналіз методик розрахунку.

Плитная часть базы колонны воспринимает отпорное давление фундамента. Для более равномерной передачи давления с плиты на фундамент, жесткость плиты, при необходимости, может быть увеличена постановкой дополнительных ребер и диафрагм.

На сегодняшний день, плитная часть базы колонны рассчитывается по методу, предложенному академиком Галеркиным В.Г., с использованием вычисленных им коэффициентов. Суть метода заключается в том, что различные участки плиты находятся в различных условиях изгиба. По данному методу толщину плиты находят по максимальному из моментов, вычисленных для каждой отдельной части плиты, в соответствии с условиями ее опирания. Рассматривается три вида опирания плит: консольно, по трем и по четырем сторонам. Такая постановка задачи приводит к тому, что, фактически, рассматривается три отдельные плиты, и расчет производится отдельно для каждой из них. Взаимодействие участков плит, с различными условиями опирания в расчете не учитывается. При выполнении расчета данным способом, также исключается возможность выявления влияния геометрических параметров одной части плиты на другую. При расчете плиты нет возможности учесть наличие или отсутствие ребер жесткости, их количество и степень их влияния на напряженно деформированное состояние плиты.

На сегодняшний день с помощью программных комплексов, становится возможно учитывать пространственный характер работы конструкций. С

помощью этих программ можно выявить взаимодействие отдельных участков плиты и изменение их напряженно-деформированного состояния, при изменении геометрических параметров одного из участков. Оценить напряженно-деформированное состояние базы колонны, при установке дополнительных опорных ребер и определить их влияние на рациональность использования существующих расчетных схем.

Для этого в программном комплексе «Ли́ра» были созданы различные модели. Общий вид полученной конечноэлементной модели типа «1» представлен на рис. 1.

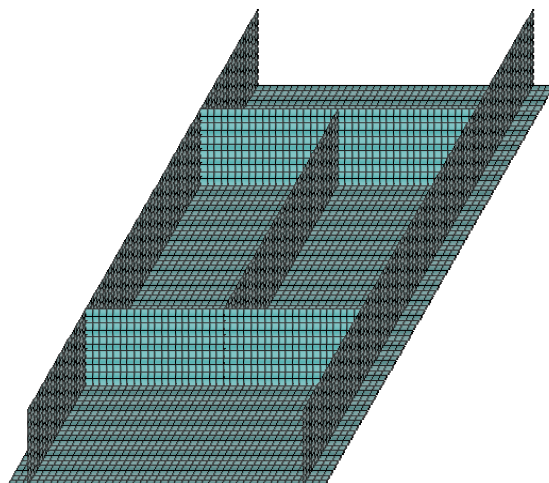


Рис.1. Общий вид конечноэлементной модели типа «1»

Изополю напряжений и напряженно деформированная схема, в конечноэлементной модели, типа «1» представлены на рис. 2.

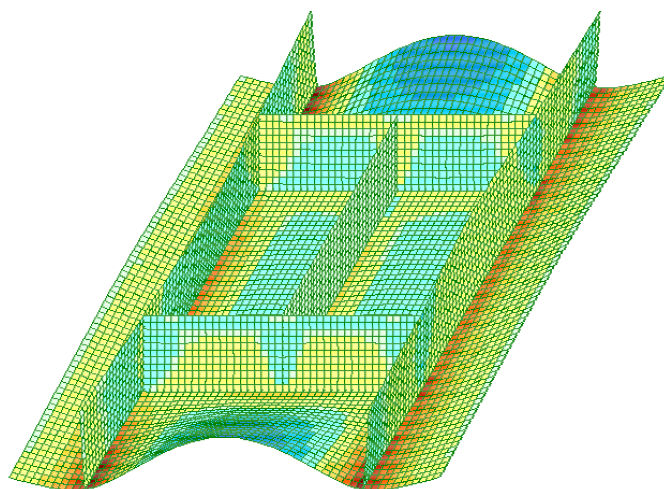


Рис.2. Изополю напряжений в плите базы колонны

В моделях с разными геометрическими параметрами плиты, опертой по трем сторонам были вычислены моменты, по которым были определены коэффициенты. Полученные коэффициенты отличаются от коэффициентов, используемых при расчете по методу Галеркина В.Г.. Коэффициенты,

полученные по расчету, ниже коэффициентов полученных академиком Галеркиным В.Г..

Разница между коэффициентами в процентах отображена на графике. График представлен на рис. 3.

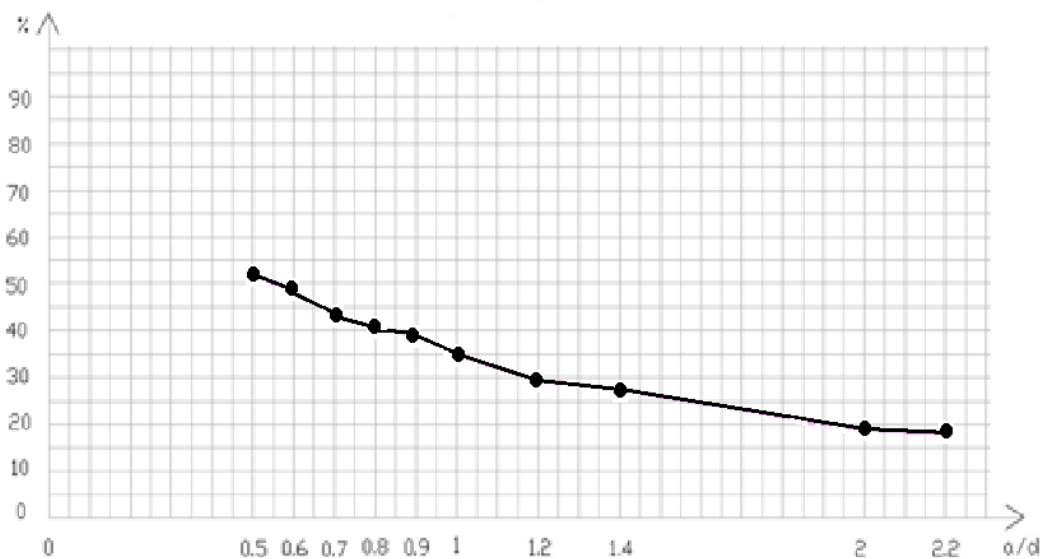


Рис.3. График

Общий вид полученной конечноэлементной модели типа «2» представлен на рис.4. В данной модели установлены дополнительные ребра жесткости в плите опертой по трем сторонам. Изополя напряжений и напряженно деформированная схема, в конечноэлементной модели, типа «2» представлены на рис. 5.

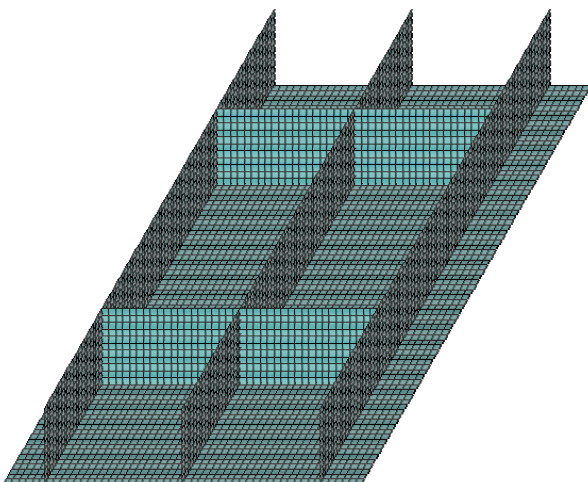


Рис. 4. Общий вид конечноэлементной модели

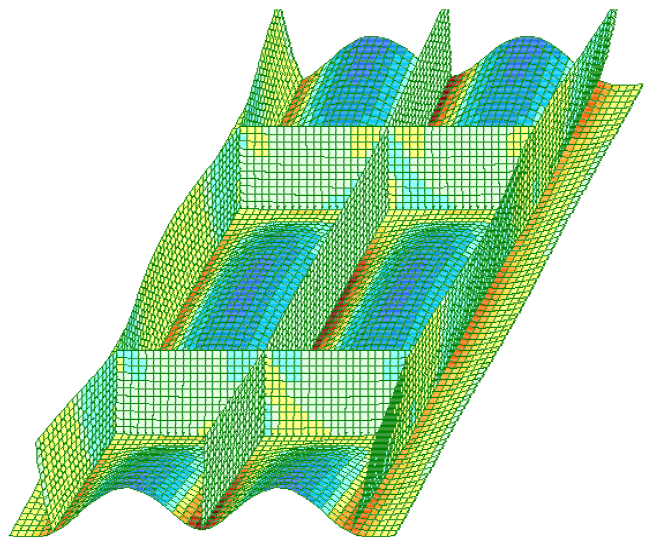


Рис. 5. Деформированная схема плиты с установленными ребрами

В результате расчета конечноэлементной модели «типа 2» получены моменты по которым вычислены коэффициенты, которые отличаются как от коэффициентов, полученных академиком Галеркиным В.Г. так и от коэффициентов, полученных ранее по расчету.

Выводы:

1. Коэффициенты полученные академиком Галеркиным В.Г. не учитывали плоскостную работу плиты.
2. Расчеты конечноэлементной модели «типа 1» показали, что плита базы колонны, в которой не установлены ребра жесткости находится в сложном напряженно-деформированном состоянии и работает по неразрезной балочно-консольной схеме. Так например, при увеличении длин консольных участков момент в плите опертой по четырем сторонам уменьшается, а на консолях увеличивается. Из этого следует, что определяющим для расчета является соотношение размеров в плите опертой по четырем сторонам.
3. Расчет конечноэлементной модели «типа 2» показывает, что при установке дополнительных опорных ребер напряженно-деформированное состояние плиты становится еще более сложным, а коэффициенты понижаются.

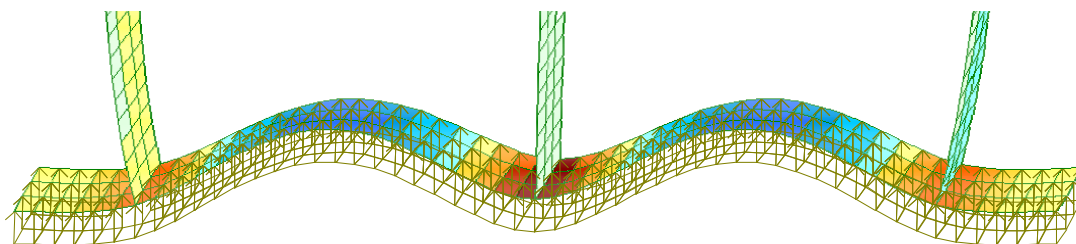


Рис. 7. Фрагмент деформированной схемы плиты

4. Чем больше дополнительных опорных ребер установлено, тем эффективнее работа плиты, и тем меньше моменты от которых зависит ее толщина.
5. Для расчета базы колонны можно применять другую расчетную схему, которая позволяет снизить металлоемкость плиты .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муханов К.К. Проектирование стальных конструкций/ Муханов К.К.- Москва: Государственное издательство литературы по строительству архитектуре-1956.-382с.
2. Расчет стальных конструкций. Справочное пособие Лихтарников Я.М., Клыков В.М./ Лихтарников Я.М., Клыков В.М., Ладыженский Д.В.-Киев: Будівельник-1975.-349с.
3. Васильев А.А Металлические конструкции./ Васильев А.А-Москва-Стройиздат-1976.-425с.
4. Беленя А.А Металлические конструкции./ Беленя А.А-Москва-Стройиздат-1978.-458с.
5. Шестаков Г.А Стальные конструкции/ Шестаков Г.А- Москва: Издательство литературы по строительству-1968.-208с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОСТАВНОЙ КРИВОЙ В ПЛОСКИХ КОЛЛЕКТОРАХ С КОНЦЕНТРИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь

Аннотация. В статье рассмотрено изменение карстовой области для концентрирующих поверхностей, применяемых в плоских коллекторах. За образующую концентрирующей поверхности принята составная кривая с регулярной и иррегулярной вершиной. Поскольку концентрирующие поверхности, применяемые в плоских коллекторах, представляют собой цилиндрическую поверхность, у которой в нормальном сечении нормаль в любой точке отражающей кривой принадлежит секущей плоскости, то для исследования этих поверхностей использовался аппарат плоской картины отражения. Изменение карстовой области рассматривалось для различного положения солнечных лучей. Компьютерная визуализация границ карстовой области получена в программе MathCAD.

Ключевые слова: аппарат отражения, иррегулярная вершина, карстовая область, каустика, регулярная вершина, составная кривая, фоклин.

Постановка проблемы. Из возобновляемых источников энергии наиболее перспективным направлением является солнечная энергия. Для бытовых нужд широкое применение получили гелиоустановки в виде плоских коллекторов. Но по своим характеристикам вызывают интерес плоские коллекторы с концентрирующими элементами. В связи с этим возникает необходимость изучения изменения геометрии карстовой области в таких коллекторах для различных видов кривых, принятых за образующие концентрических поверхностей. Что позволяет эффективно скомбинировать взаимное положение приемника и концентрирующих поверхностей в плоских коллекторах. Для цилиндрических поверхностей, применяемых как концентрические поверхности изучение геометрии карстовой области возможно проводить на основе плоской задачи аппарата отражения, поскольку, нормаль в любой точке отражающей кривой для нормального сечения цилиндрической поверхности, принадлежит секущей плоскости, а, следовательно, проекции углов падения и отражения к нормали будут равны. В дальнейшем по тексту статьи концентрирующие поверхности будут именоваться как отражающие поверхности.

Анализ публикаций. В работе [1] показан алгоритм определения положения основных кривых аппарата отражения для плоской задачи. На базе этого алгоритма получены компьютерные модели аппарата отражения для различных плоских кривых с изученными свойствами, принятыми как отражающие. В дальнейшем для этих кривых изучались изменения карстовой области на основе плоской задачи при различном наклоне солнечных лучей. В работе [2], [3] рассматривалось исследование границы карстовой области, если образующая отражающей поверхности принята в виде составной кривой.

Для плоской задачи аппарата отражения карстовая область определяется положением линии каустики. Составная кривая принята как сочетание двух кривых с изученными свойствами.

В работе [2] рассмотрена составная кривая состоящая из двух монотонных линий. Точкой стыка которых является регулярная вершина. Соответственно и сама составная кривая имеет название регулярной кривой. В точке стыка стороны регулярной кривой имеют общую касательную и общий центр кривизны. Линия каустики для отражающей регулярной кривой, имеет особую точку, принадлежащую отраженному лучу, выходящему из вершины составной кривой линии.

В работе [3] в виде отражающей кривой рассмотрена составная кривая состоящая из монотонных кривых с разными центрами кривизны в ее вершине. Оба центра кривизны лежат на нормали сторон составной кривой в ее вершине. В этом случае вершина составной кривой является иррегулярной вершиной. Линия каустики такой составной отражающей кривой представляет собой сочетание каустик сторон кривой и не имеет особой точки на отраженном луче, выходящем из иррегулярной вершины. В основном на линии отраженного луча в вершине кривой наблюдается разрыв между каустиками сторон составной кривой, но в некоторых случаях каустики сторон имеют общую точку пересечения.

В работе [2], [3] получена компьютерная визуализация плоской задачи аппарата отражения, на основе ранее разработанных автоматизированных расчетов для составных кривых с регулярной и иррегулярной вершинами.

В работе [4] с помощью компьютерной визуализации исследовалась геометрия карстовой области для различного угла наклона солнечных лучей для концентрирующих поверхностей в виде ПЦ-фоклинов. Данная поверхность характерна тем, что боковые стенки желобков устанавливают так, чтобы фокус одной криволинейной поверхности лежал у основания другой. Исследования показали, что в зависимости от угла раскрытия системы меняется форма карстовой области.

Исследовательская часть. Цель данной статьи получить компьютерную визуализацию положения карстовой области для составной кривой с регулярной и иррегулярной вершинами принятой как отражающей кривой в плоских коллекторах с концентрирующими элементами.

В нормальных сечениях плоских коллекторов с концентрирующими элементами нормаль в любой точке отражающей кривой принадлежит секущей плоскости. Из этого следует что равенство проекций углов между падающим и отраженным лучами и нормалью на секущую плоскость сохраняется. Следовательно, для изучения положения каустики мы можем использовать аппарат плоской картины отражения.

Рассмотрим концентрирующие поверхности в виде фоклина. Широкое применение получили ПЦ-фоклины, у которых в качестве концентрирующей поверхности применяются параболоцилиндры. Заменяем образующую цилиндрической поверхности параболу на составную кривую с регулярной вершиной. В качестве примера рассмотрим составную кривую состоящую из двух монотонных кривых - параболы и окружности. Обе стороны регулярной кривой в вершине имеют общую касательную и общий центр кривизны. Солнечные лучи поступают параллельно оптической оси проходящей через

основание параболы. Воспринимающая пластина находится от вершины параболы на расстоянии равном половине фокусного расстояния параболы. Компьютерная визуализация границы карстовой области для данного случая показана на рис. 1. Данная визуализация показывает, что отраженные лучи располагаются под линией каустики окружности, а над ней находится карстовая область. Линии каустики окружностей соединяются в фокусе параболы.

Рассмотрим такую же составную кривую — состоящую из параболы и окружности, но имеющих разный радиус кривизны в вершине. Компьютерная визуализация границы карстовой области для данного случая показана на рис. 2. На данной визуализации видно, что линии каустики окружностей пересекаются в фокусе параболы. Рис. 3 показывает картину отражения, когда солнечные лучи составляют угол 45° с оптической осью. В этом случае левая сторона фоклина и часть воспринимающей пластины остаются затененными.

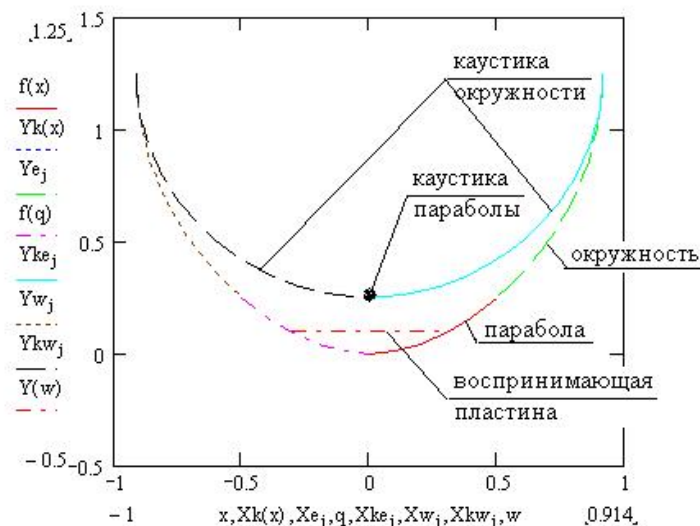


Рисунок 1 - Граница карстовой области для составной регулярной кривой состоящей из параболы и окружности

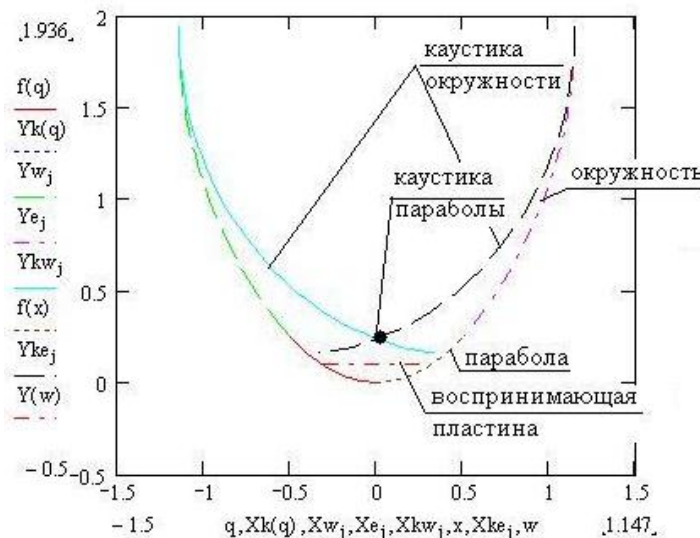


Рисунок 2 - Граница карстовой области для составной кривой состоящей из параболы и окружности с иррегулярной вершиной

Выводы. Использование составной кривой с регулярной и иррегулярной вершиной в качестве образующей отражающей поверхности в плоских коллекторах с концентрическими элементами. Дальнейшие исследования планируется продолжить по сравнению коэффициента концентрации существующих фокинов и предложенного варианта.

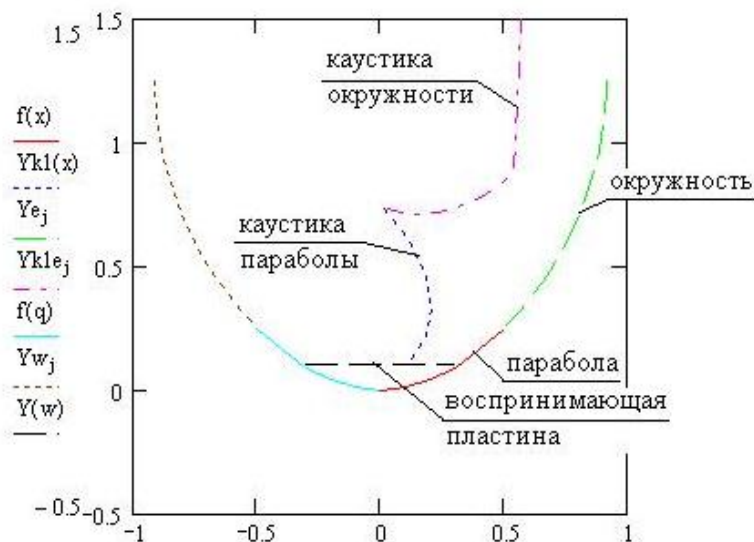


Рис. 3. Граница карстовой области для составной регулярной кривой состоящей из параболы и окружности для солнечных лучей под углом 45°

Список литературы.

1. Дворецкий А.Т. Автоматизация расчетов для плоской отражающей системы с источником в несобственной точке /А.Т. Дворецкий, С.А. Митрофанова //Прикладна геометрія та інженерна графіка — К.: КНУБА — 2003 — вип. 73 — С. 77 — 81.
2. Митрофанова С.А. Определение линии каустики для составных отражающих плоских кривых /С.А. Митрофанова //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету /Прикладна геометрія та інженерна графіка — вип. 4- т. 54 — 2012 — Мелтополь: ТДАТА — С. 96-100.
- 3, Митрофанова С.А. Определение линии каустики для составной кривой с иррегулярной вершиной /С.А. Митрофанова //Сборник научных трудов «Строительство и техногенная безопасность» - вып. 41 — 2012 — Симферополь, НАПКС — С.125-129.
4. Митрофанова С. А. Компьютерная модель отраженного потока в солнечных коллекторах с концентрирующими элементами / С. А. Митрофанова // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. –Мелітополь. – 2007. – Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Том 36. – С. 112-116.

S. MITROFANOVA

APPLICATION OF THE COMPOUND CURVE IN FLAT COLLECTORS WITH CONCENTRATING ELEMENTS

Abstract. The paper considers the change of the karst area for concentrating surfaces used in flat-plate collectors. For forming the surface concentrating adopted composite curve with regular and irregular vertex. Since concentrating surface used in flat-plate collectors, are cylindroid who have a normal cross-section normal to any point on the reflecting curve belongs to the cutting plane, for the study of the surfaces used machine planar pattern reflection. Change in the karst area considered for the different positions of the sun's rays. Computer visualization of the boundaries of the karst area obtained in the program MathCAD.

Key Words: apparatus of reflection, irregular vertex, karst region, caustic regular vertex, the composite curve, fokline.

ГИДРОЗАЩИТА ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОПАВЛОВСКОГО СОБОРА В Г. СИМФЕРОПОЛЕ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: kafedra.azis@gmail.com*

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы гидрозащиты фундамента и стен примененные при реставрации Петропавловского собора в г. Симферополе. Обоснована эффективность каждого из способов в конкретном случае.

Ключевые слова: влажность, гидрозащита, электроосмос, аэрация фундаментов и стен.

Вследствие природных, климатических и техногенных процессов воздействие влаги оказывает негативное влияние на эксплуатационные, технические и эстетические характеристики здания. Защита конструкций от грунтовой влаги – одно из самых дорогостоящих и трудоемких мероприятий в процессе производства ремонтно-реставрационных работ [1,5]. Из-за возникающего движения жидкости в капиллярах строительного материала – осмоса в сочетании с циклами замораживания и оттаивания в сезонный период возникают негативные явления. Изменяется структура строительного материала [4], снижается прочность конструкций, разрушается поверхностный и облицовочный слои фасадов и интерьеров, уменьшается коэффициент теплосопротивления, повышается влажность в помещениях, создаются условия для активного развития плесени и микроорганизмов. При этом разрушаются живописные слои и лепные покрытия стен интерьеров, зачастую представляющие артефакты декоративного, прикладного и монументального искусств. Люди, которые живут и работают в сырых помещениях, рискуют получить различные хронические заболевания.

В связи с ростом культурного слоя, повышением отметки дневной поверхности земли и изменением уровня грунтовых вод проблемы, связанные с повышенной влажностью конструкций и помещений становятся все более актуальными. Этой теме посвящена научная работа профессора Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Старцева С.А. [3] по изучению и анализу неблагоприятного состояния помещений, а также восстановлению гидроизоляции.

Рассмотрим ситуацию, которая возникла в конце XX века в процессе эксплуатации памятника архитектуры – собора Святых Петра и Павла в городе Симферополе.

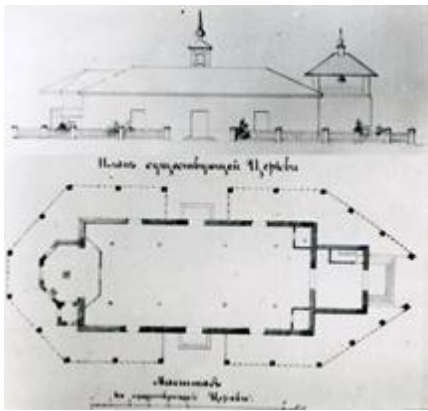


Рис.1

Начавшееся в 1805 году строительство Петропавловской церкви в Симферополе было завершено 8 ноября 1806 года. В первоначальном своем варианте она была деревянная и представляла собой типичный образец культовой провинциальной архитектуры 18 века (рис.1). Более 20 лет Петропавловская церковь функционировала как соборная. Но с течением времени она пришла в ветхость и убогость и после сооружения Александро-Невского кафедрального собора (1827 г.) была упразднена.

Спустя 60 лет жители Симферополя решили возродить Петропавловский храм. Проект нового

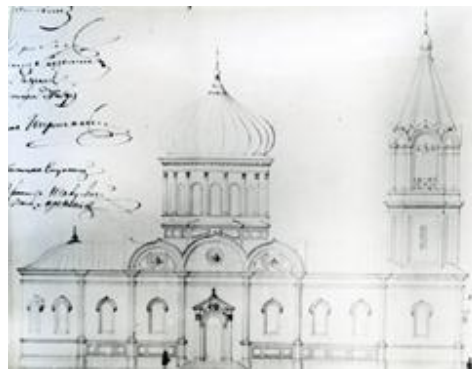


Рис.2

Проект церкви в 1865 году.

храма разработал архитектор К. Лазарев. Старую деревянную церковь разобрали, и на ее месте 29 июня 1866 года заложили новое здание храма. Внешний вид храма изменился: построенный в вытянутого с запада на восток, значительно расширился, благодаря окнам, барабане (рис.2). Перед собором устроили небольшую площадь, вымощенную булыжником. Здесь проходили военные парады, народные гулянья.

петербургский архитектор К. Лазарев. Старую деревянную церковь разобрали, и на ее месте 29 июня 1866 года заложили новое здание храма. Внешний вид храма изменился: построенный в вытянутого с запада на восток, значительно расширился, благодаря окнам, барабане (рис.2). Перед собором устроили небольшую площадь, вымощенную булыжником. Здесь проходили военные парады, народные гулянья.

За время своего существования церковь неоднократно ремонтировалась. В 1924 и 1926 годах был произведен текущий ремонт, ограничившийся побелкой фасадов и покраской полов.

В 1937 году служение в Петропавловском храме было прекращено. В 1938 году были разобраны колокольня и купол церкви. Помещение церкви было занято под склад, а с боковых фасадов пристроили стеклоприемный пункт и пивную (рис.3).



Рис.3

Только в 1980-е годы началось восстановление Петропавловского собора. К 200-летию юбилею города Симферополя Петропавловская церковь как памятник архитектуры 19 века должна была предстать во всем своем величии и простоте. Автор проекта - архитектор О. И. Сергеева, а работы выполнялись ЗАО «Крымреставрация». В архивах Синода С. Л. Беловой были найдены проекты, по которым восстановили колокольню и купол храма.

Техническое обследование состояния здания показало: что фундаменты здания выполнены из бутового рваного известняка на известково-песчаном

растворе, стены сооружены из тесаных блоков белого известняка с последующим оштукатуриванием фасадов и внутренних помещений сложным известково-песчаным раствором с последующей росписью масляными красителями в интерьере.

Судя по отсутствию видимых деформаций в стенах по всему периметру здания, фундаменты находились в удовлетворительном состоянии. Однако отмостка по всему периметру здания отсутствовала. Организованного водостока не существовало, как отметка дневной поверхности земли установилась выше первоначальной. Цоколь, выполненный в технике чистой кладки из известняка, на 70 % находился ниже уровня земли, и был подвержен воздействию атмосферных осадков, в результате чего происходило замокание каменной кладки и стен над цоколем. Изношенность панциря каменной кладки в нижней части сооружения составляло до 50 %. Роспись интерьера сохранилась фрагментально. В куполе имелись значительные разрушения – осыпание красочного слоя со штукатуркой в результате замкания. На остальной поверхности стен живопись значительно повреждена: шелушение, осыпь красочного слоя, загрязнение, высолы.

Проектом реставрации [2] были предусмотрены и осуществлены в период 1980-1991 года работы по ремонту крыши, восстановление участков стен, наружного и внутреннего декора, воссоздание колокольни и центрального барабана с луковичным покрытием и др.

Между тем, процесс увлажнения фундаментов, цоколя и стен прогрессировал, что было недопустимо и требовало решения этой проблемы. Исходя из того, что материал, примененный при возведении зданий, был на известковой кладке, обладает пористостью, попавшая капельная влага пошла мигрировать по микропустотам (рис.4а).

С этой целью в период с 1990-2000 годов для осушения цоколя и стен в качестве эксперимента был предложен метод электроосмоса. Данный метод основан на движении жидкости через поры, капилляры и другие пустоты при наложении электрического поля.



а



б

Рис. 4 Движение влаги в конструкциях фундамента, цоколя и стен

Суть метода состоит в облучении мокрых стен электромагнитными волнами. В стенах горизонтально заделывают проводник в виде медной проволоки, который благодаря заземлениям, проходящим в фундаменте, создает полярность, обратную естественно возникающей между ограждениями подвала у подошвы фундамента и стенами на уровне поверхности. Поэтому электроосмотические силы перемещают влагу из конструкций фундамента в

направлении, обратном действию капиллярных сил. Таким образом, электроосмос разворачивает капиллярное движение грунтовых вод в стенах в обратном направлении (рис. 4б).

В процессе эксплуатации контур проводника был разомкнут, и установка перестала выполнять свою функцию, а поскольку сама причина увлажнения стен была не установлена, а соответственно и не устранена, проблема увлажнения стен вернулась. Силы электроосмоса эффективны пока работает источник электромагнитного поля, при его отключении влага опять начинает проникать в конструкцию фундамента и стены.

После обследования территории в поисках источника влаги, пришли к выводу: поскольку собор стоит на территории имеющей естественный уклон он служит препятствием для потока поверхностных и грунтовых вод. Происходит подмыв фундамента и цоколя с восточной стороны, а поскольку произошло повышение культурного слоя горизонтальная и вертикальная гидроизоляции перестали выполнять свои функции.

Эффективным явилось решение, основанное на методе аэрации фундаментных и цокольных стен, реализованное главным инженером проекта Г.С. Бельтюковым в 2000-2004 годах.

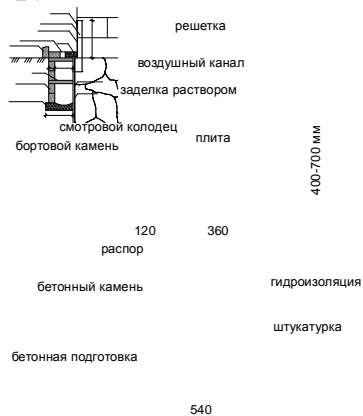


Рис.5

Аэрация фундамента

В процессе осуществления этого метода вдоль стен фундаментов с наружной их части была откопана траншея шириной 50 см и глубиной до подошвы фундаментов. Эта траншея дала возможность освидетельствовать техническое состояние фундаментов и цокольной части стен. По дну траншеи устроили бетонный водоприемный лоток, в который в случае проникновения собиралась вода. Боковую часть выложили стенкой из прессованных бетонных блоков. Для вентиляции выполнили вертикальные каналы с жалюзийными решётками на фасаде на высоту 50 – 70 см от отмостки с шагом по периметру здания 4 м. Сверху уложили бетонные плиты и засыпали щебнем, а для осмотра и прочистки устроили смотровые колодцы (рис. 5).

Эффективность этого метода осушения стен зданий заключается в том, что при его осуществлении было достигнуто:

- устранен капиллярный подсос грунтовой влаги боковыми поверхностями фундаментов и стен, расположенных ниже уровня грунта;
- через вертикальные каналы устроена аэрация (осушение) фундаментов и стен, расположенных ниже уровня грунта (отмостки).

Выводы.

1. Сырость является основной причиной возможного разрушения старинных зданий, являющихся памятниками истории и культуры, так как в основном они построены без гидроизоляции. Зачастую, вследствие повышения культурного слоя незащищенная нижняя часть стены становится подверженной воздействию поверхностных и грунтовых вод.

2. Техническое обследование памятников истории и культуры требует изучения параметров микроклимата, в т.ч. наличия повышенной влажности и влаги на стенах. Необходим количественный анализ причин появления влаги в помещениях для разработки наиболее эффективных методов борьбы с ней.

3. Реставрация памятников истории и культуры невозможна без количественной оценки поддержания требуемых параметров микроклимата и защиты зданий от воздействия реальных атмосферных условий.

4. Необходима разработка и верификация методов расчета и оптимизации гидрозащитных конструктивных мер при реставрации памятников истории и культуры в климатических условиях республики Крым.

5. Без комплексного расчетного анализа при проектировании реставрационных работ сохранение художественной росписи, фресок, декора и убранства в уникальных сооружениях – проблематично.

Литература

1. Ремонт и реконструкция жилых и общественных зданий / А.Г. Ройтман, Н.Г. Смоленская. - Москва : Стройиздат, 1978. – 378 с.
2. Проект реставрации РП «Укрпроектреставрации» памятника архитектуры XIX века церковь св. Петра и Павла в г. Симферополе// Книга 1. Объект 79-9-10. Историческая справка
3. Старцев С.А. Анализ неблагоприятного состояния подвалов в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал - 2009. - № 2. – С. 31-42
4. Любомирский Н.В., Лукьянченко М.А., Братковский Р.В., Сторожко С.И., Филатов Е.Г., Белый Н. Н. Изменение влажности строительных материалов стен зданий в процессе осушения конструкцией «Гальваноосмос» // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2006. — Вып. 15-16. С. 61-65.
5. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Сохранение памятников архитектуры в сейсмоопасных районах // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Труды международного симпозиума 17-18 ноября 2011 г., Международные труды МАРХИ и группы КНАУФ СНГ. - Москва : МАРХИ, 2012. — С. 620—628.

Protecting of monuments of history and culture from moisture on the example of the Petropavlovsk cathedral in Simferopol

Micheeva Y.L.

Abstract. In the article the methods of protecting are examined from moisture of foundation and walls during restoration of the Petropavlovsk cathedral in Simferopol. Efficiency of each is reasonable of methods in concrete case.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫМИ РЕШЕНИЯМИ ЗДАНИЙ, МИКРОКЛИМАТОМ ПОМЕЩЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЕЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка
emails: ped4enko@mail.ru, guzikolya@rambler.ru*

Аннотация. Для поддержания максимальной продуктивности производства необходимо создать систему поддержки микроклимата. Рассмотрены способы подкормки растений в теплице углекислым газом. Как источник углекислоты предложено использовать вентиляционные выбросы животноводческих предприятий. Это целесообразно с экологической и экономической точки зрения. Представлен пример расчета воздухообмена между коровником и тепличным сооружением из условий максимального использования ресурсов. Учитывается мощность предприятия и технология выращивания.

Ключевые слова: микроклимат, подкормка растений, воздухообмен, блокирование.

THE CONNECTION BETWEEN THE SPACE-PLANNING DECISIONS BUILDINGS, INDOOR CLIMATE AND TECHNOLOGY OF CULTIVATION ANIMALS AND PLANTS

Abstract. It is necessary to create a microclimate support system for maximum efficiency of production maintaining. The ways of feeding plants in the greenhouse by carbon dioxide are discussed in this article. Livestock enterprises ventilation emissions are proposed as a source of carbon dioxide. This makes sense from an environmental and economic point of view. A calculation example of the air exchange between the cow house and greenhouse construction from the conditions of maximum resources using is presented. The enterprise capacity and growing technology are considered.

Key Words: microclimate, plants nutrition, air exchange, blocking.

В современных условиях ведения сельского хозяйства на индустриальной основе при проектировании зданий для выращивания животных и растений необходимо принимать современные технические решения, которые полностью обеспечивали бы эффективное использование капитальных вложений, повышение производительности и урожайности, например, за счет привлечения элитных пород животных, повышения урожайности, ведения селекции (внедрение высокоурожайных культур, сортов и гибридов), а также ведения сельского хозяйства с применением комплексной механизации, автоматизации процессов, снижения себестоимости единицы продукции. При этом необходимо создавать в обслуживаемых помещениях благоприятные условия как для выращиваемых животных и растений, так и для рабочих, обслуживающих процессы. В последнее время актуальны также вопросы экономии и рационального использования топливно-энергетических ресурсов и защиты окружающей среды.

В мировой и отечественной практике ведения сельского хозяйства есть примеры одновременного расположения на одной промышленной площадке как тепличных хозяйств так и комплексов или ферм для выращивания КРС

(крупного рогатого скота), что является одним из пунктов требований ДБН В.2.2-2-95 [1]. С точки зрения экономии энергетических ресурсов в соответствии с п. 4.3 этого нормативного документа "... теплоснабжения теплиц и парников, как правило, должно осуществляться за счет использования вторичных энергоресурсов промышленных предприятий, ТЭС, ТЭЦ, АЭС, газокompрессорных станций, теплоты геотермальных вод, источников, а при их отсутствии - от собственных источников теплоты".

В связи с указанным, интересным, по нашему мнению, является сочетание в виде блокирования в одном энергоэффективном индустриальном сельскохозяйственном комплексе, например, здания для содержания КРС и тепличного хозяйства с круглогодичным циклом выращивания продукции растениеводства.

Дело в том, что в соответствии с особенностями содержания и технологией выращивания растений, особенно в холодный период года - для интенсификации овощеводства следует предусматривать подкормки растений углекислым газом, что является требованием соответствующих норм ВНТП-АПК-19-07 [2]. В соответствии с п. 8.9 данных норм подкормка углекислым газом (химическая формула которого имеет вид: CO_2) должна проводиться 4-6 часов в сутки, при соответствующей интенсивности освещения в помещении теплицы на уровне не менее 1200-1300 лк.

При этом системы инженерного обеспечения параметров микроклимата в производственном помещении теплицы должны обеспечивать оптимальную концентрацию углекислоты в пределах от 0,10 до 0,15 объемных процентов при отсутствии проветривания помещения, т.е. при закрытых фрамугах теплицы. Нормы [2] предполагают кратковременную максимальную концентрацию CO_2 на уровне 0,33%.

В соответствии с требованиями ВНТП для тепличных хозяйств система подпитки углекислым газом может реализовываться по трем вариантам (рис. 1): I) от газобаллонных установок с жидким углекислым газом, для которых в соответствии с таблицей 4 настоящих норм в номенклатуру зданий, сооружений и помещений вспомогательного назначения необходимо включать "Склады баллонов углекислоты"; II) для местностей с имеющимися системами централизованного газоснабжения в соответствии с п. 8.12 [2] подкормки растений углекислотой может осуществляться с применением установок-генераторов, использующих в качестве топлива природный газ, или при наличии подземных локальных хранилищ газа - пропан или пропан-бутановую смесь; III) третий вариант, получивший распространение предполагает использование продуктов горения природного газа, сжигаемого в газифицированной котельной, расположенной на территории предприятия. При этом по требованию п. 8.11 отраслевых норм проектирования теплиц на пути дымохода, транспортируется часть продуктов сгорания природного газа, обязательна установка устройств каталитической очистки этих газов. Такая подпитка растений может осуществляться с подачей в нижнюю зону помещения в течение всего светового дня, но при условии постоянно открытых вентиляционных (аэрационных) отверстиях (см. рис. 1).

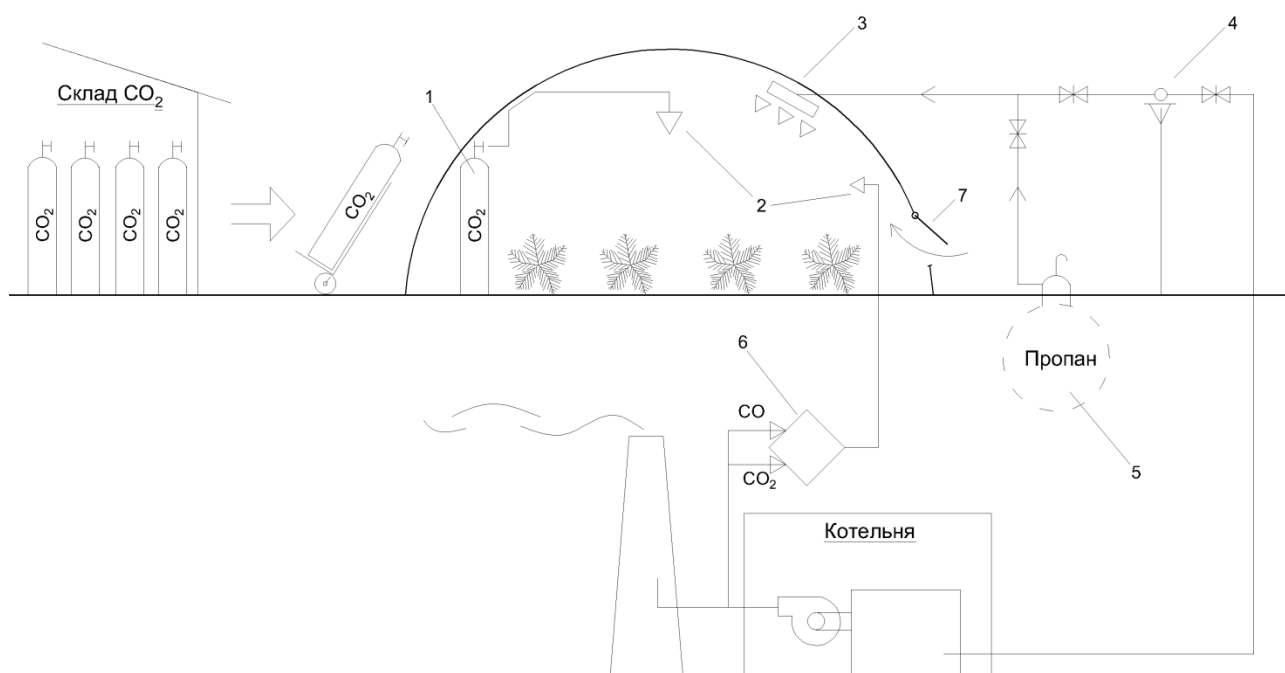


Рисунок 1 – Варианты подпитки углекислым газом теплицы по ВНТП-АПК - 19-07:

1 – бытовой балон с углекислым газом; 2 – прибор газораспределительный (форсунка); 3 – контактно-газовый теплогенератор или инфракрасный излучатель; 4 – магистральный газопровод природного газа; 5 - газгольдерная установка; 6 - катализатор; 7 - вентиляционная фрамуга.

Считаем, что ни один из перечисленных существующих способов подкормки растений двуокисью углерода не соответствует современным требованиям, и вот почему: во-первых, все три варианта предусматривают непосредственное использование природного или сжиженного газа, требуют наличия систем централизованного или децентрализованного газоснабжения, энергоносителем для которых выступает газ в любом виде - в наше время стратегический энергоноситель для Украины; во-вторых, значительно увеличивает капитальные и эксплуатационные расходы, связанные прежде всего с использованием складских помещений, наличия специфического оборудования (например, в варианте с использованием продуктов горения котельной - необходимость использования недешевых катализаторов); в-третьих, ограничения на использование систем в течение года, или светового дня, что обусловлено или присутствием людей, или работой оборудования в специфических условиях (например, только при открытых фрамугах, что невозможно в холодный период года - в период низких температур наружного воздуха); в-четвертых, человеческий фактор, ведь в соответствии с п. 5.3 СанПиН 5791-91 [3] (санитарных правил и норм по устройству и эксплуатации теплиц и тепличных комплексов) в случаях использования контактно-газовых генераторов, инфракрасных излучателей, генераторов углекислоты на природном (сжиженном) газе и от котельных, работающих на газообразном топливе, необходимо применять наиболее полное сгорание топлива, так как продукты горения непосредственно подаются в помещение где находятся рабочие, безусловно приводит к удорожанию стоимости применения такой системы. Согласно п. 8.13 [3] при проектировании систем подкормки растений от отходящих газов котельных обязывает проектировщика учитывать

требования безопасности ("Требований безопасности к системе подпитки тепличных культур углекислотой, которая содержится в продуктах сгорания природного газа"); в пятых, необходимость автоматизации работы как отдельных элементов так и в целом системы газоснабжения (подкормка) CO_2 , что не менее, чем на 30-ть процентов увеличит стоимость капитальных затрат на систему подпитки углекислотой. С другой стороны, интересной, на наш взгляд, является идея искусственного обогащения воздуха помещений для выращивания овощей за счет использования углекислого газа, содержащегося в воздухе вытяжных систем вентиляции помещений для содержания КРС, особенно когда речь идет о блокировании или размещения указанных зданий на одной промышленной области.

В производственных сельскохозяйственных зданиях вредные вещества (и в частности CO_2) вместе с водяными парами попадают в воздух помещений с продуктами дыханий животных, а также в результате биохимических процессов, происходящих в навозе. Что касается именно углекислого газа, то это газ без цвета, который имеет слабокислый запах. При температуре 0°C он имеет плотность $1,98 \text{ кг/м}^3$ и соответственно тяжелее воздуха, как следствие сосредоточивает его максимальные концентрации в нижней зоне помещения.

При большой концентрации в воздухе производственного помещения углекислый газ может вызывать головную боль и повышенное давление в рабочих, уменьшает аппетит и продуктивность животных, повышает риск их заболеваний. Нормы [4] ВНТП - АПК-01.05 устанавливают предельно допустимую концентрацию (ПДК) CO_2 на уровне 2 л/м^3 .

Углекислый газ легко растворяется в воде, поэтому определенная доля его повышенной концентрации прослеживается и в верхней зоне помещения, что может быть объяснено тем, что при определенной подвижности воздуха в производственном помещении одновременно под потолком сосредотачиваются как водяной пар так и CO_2 . Как отмечает в своей книге [5] профессор Строй А.Ф. (Теплоснабжение и вентиляция сельскохозяйственных зданий и сооружений. - М.: Высшая школа. Главноеизд-во, 1983. - 215 с.), в помещениях с решетчатыми полами для организации воздухообменов применяют схему вентиляции сверху в верх и вниз (см. рис. 2). При этом приточный воздух подают в верхнюю зону помещения, а вытяжку рассредоточивают следующим образом: 30% от притока выдают из нижней зоны помещения (как вариант из каналов для удаления навоза), и 70% объема от притока выдают с верхней зоны помещения. Для реализации такой системы, как видно из рисунка 2, необходимо применение систем вентиляции с принудительной циркуляцией воздуха.

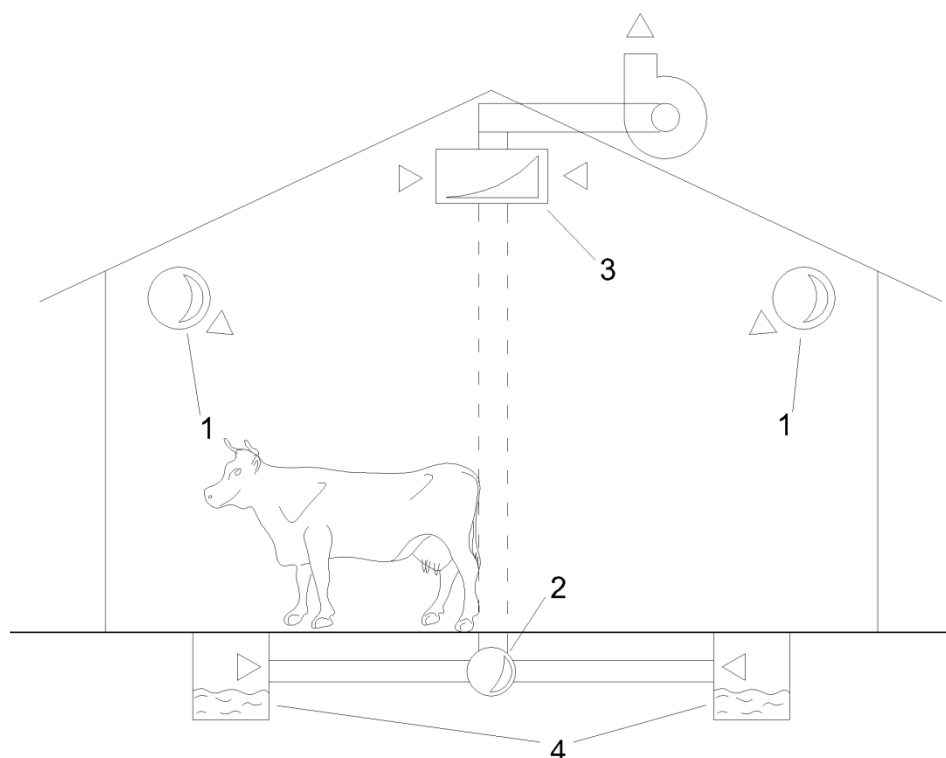


Рисунок 2 – Вариант схемы вентиляции коровника

1 – воздуховоды равномерной подачи воздуха в помещение; 2 – магистральный сборный воздуховод системы удаления воздуха из нижней зоны помещения; 3 – воздуховод равномерного всасывания воздуха из верхней зоны помещения; 4 - каналы для накопления навоза.

Численные значения количества углекислого газа попадающего в помещение, например для содержания КРС, приводится в приложениях ВНТП - АПК-01.05 [4] в зависимости от возраста, направления выращивания, способа содержания и т.п. и приводится на 1 центнер живого веса животных. Ведь зная количественное значение и возраст поголовья содержится в коровнике можно получить численное значение углекислоты попадает в помещение в единицу времени: л/час.

При решении задачи, рассматриваемой в данной работе количество вредностей, и в частности CO_2 , попадает в воздух производственного помещения - является исходной величиной для определения количества вентиляционного воздуха для обеспечения нормативного микроклимата в помещении коровника. Однозначно, что количество углекислоты, которое попадает в помещение коровника будет определять воздухообмен в помещении, т.е. количество воздуха, которое должно подаваться (удаляться) из помещения в единицу времени. Обычно в коровниках количество этого воздуха определяется расчетом в результате решения балансных уравнений по борьбе с избыточным теплом (если есть), с влагой и углекислым газом, но в любом случае он не должна быть меньше минимального значения, которое назначается по нормам [4] ВНТП – АПК-01.05 и составляет для помещений молодняка и взрослого стада КРС $17 \text{ м}^3/\text{час}$ на один центнер веса, а для телят, соответственно $20 \text{ м}^3/\text{час}$ на один центнер веса в течение года. Исходя из этого, минимальное количество приточного (вытяжного) воздуха, которое должно циркулировать через

помещения коровника для содержания, например, 263 голов молодняка массой 350 кг каждый может быть определено по формуле:

$$L_{\min} = (n_{\text{ТВ}} \times m_{\text{ТВ}} \times 17) / 100 = (263 \times 350 \times 17) / 100 = \mathbf{15590} \text{ м}^3/\text{год},$$

где $n_{\text{ТВ}}$ - количество животных, гол;

$m_{\text{ТВ}}$ - вес одного животного, кг.

Теперь проверим количество углекислого газа, который попадает в помещение КРС и соответствующее его ассимиляции значения воздухообмена. В этом случае расход CO_2 , который попадает в помещение от животных может быть определен по зависимости:

$$A_{\text{CO}_2} = (a_{\text{ТВ}}^{\text{CO}_2} \times n_{\text{ТВ}}) / 3600 = (107 \times 263) / 3600 = 7,82 \text{ л/с},$$

где $a_{\text{ТВ}}^{\text{CO}_2}$ - количество углекислоты, которое выделяет в единицу времени одно животное л / ч (по данным [5] для молодняка коров весом 350 кг количество углекислого газа, которое выделяет одно животное составляет: $a_{\text{ТВ}}^{\text{CO}_2} = 107 \text{ л / ч}$). Тогда необходимый воздухообмен по борьбе с углекислым газом в помещении для содержания КРС составит:

$$L_{\text{CO}_2} = A_{\text{CO}_2} / (k_{\text{вид}} \times (\rho_{\text{зовн}} / \rho_{\text{вн}}) - k_{\text{припл}}) = 7,82 / (2 \times (1,406 / 1,247) - 0,33) = \\ = 4,06 \text{ м}^3/\text{с} = \mathbf{14615} \text{ м}^3/\text{год},$$

где $k_{\text{вид}}$, $k_{\text{припл}}$ - соответственно концентрации углекислого газа в удаляемом воздухе и в подаваемом воздухе в помещении коровника;

$\rho_{\text{зовн}}$, $\rho_{\text{вн}}$ - соответственно плотности воздуха, удаляемого и подаваемого в помещение коровника.

Как видно из расчетов расчетный воздухообмен, а это должно быть большее из полученных значений, для указанного в примере коровника должен составлять 15590 м³/час, и как показывает статистика таких расчетов - расчетный воздухообмен обычно и устанавливается на уровне нормативного воздухообмена, то есть на уровне санитарно-гигиенических требований.

Интересным, по нашему мнению, может стать идея использования отработанного воздуха, удаляемого из помещения коровника в холодный период года примерно со средней температурой воздуха 18-22 ° С (окончательное значение температуры принимается в зависимости от возраста, направления выращивания, способа содержания животных и т. п.), а также имеющего определенную начальную концентрацию углекислоты. Дело в том, что в соответствии с 4.15 [1] теплицы должны быть оборудованы системами вентиляции из расчета удаления теплоизбытков за счет солнечной радиации в теплый период года. По требованиям этих же норм для обеспечения расчетных параметров микроклимата во все периоды года в помещениях всесезонных теплиц рекомендуется устройство искусственной вентиляции с организацией системы искусственного подкормки растений CO_2 . Поняли и тот факт, что в зимних условиях работа системы принудительной приточной вентиляции невозможна без применения элементов подогрева воздуха до определенной температуры.

То есть с одной стороны при блокировании таких помещений как коровник и грунтовая теплица мы в комплексе решить задачи по поддержанию на определенном уровне параметров микроклимата как в помещении для содержания КРС так и в помещении для выращивания овощей, а с другой

стороны на выполнение норм [1, 2, 3] при этом провести мероприятия по сохранению энергетических ресурсов, уменьшению капитальных и эксплуатационных затрат и оптимизировать логистику транспортировки энергоносителей для функционирования этого комплекса, в состав которого входит и здание КРС и помещения теплицы.

Попробуем определить приблизительную площадь тепличного хозяйства с круглогодичным циклом выращивания зелени, томатов и огурцов, которая может быть обеспечена подпиткой углекислотой за счет использования удаляемого системой обще-обменной вытяжной вентиляции из помещения коровника.

Для примера, рассматриваемого выше при расчетном воздухообмене, что было принято за нормативным значением и равен: $L_{\text{розр}} = L_{\text{норм}} = L_{\text{min}} = 15590 \text{ м}^3/\text{год}$, количество углекислоты, удаляемого из помещения коровника и соответственно может быть использована в системе подпитки растений составит при конечной концентрации CO_2 на уровне $2 \text{ л}/\text{м}^3$ для указанного объема воздуха, удаляемого соответственно 31180 литров, т.е. $31,2 \text{ м}^3$ углекислого газа. В то же время нормы [2] дают данные по приблизительной расходе природного газа для получения углекислоты на 1 га теплиц, которая составляет: для многопролетных теплиц - от 35 до $50 \text{ м}^3/\text{час}$; для однопролетных от 45 до $67 \text{ м}^3/\text{час}$. То есть, если сжигать в многопролетных теплицах газ с месторождения Гоголево - Полтава выход CO_2 для которого составляет $0,87 \text{ м}^3/\text{м}^3$ - при нормативной расходе в среднем $42,5 \text{ м}^3$ природного газа суммарный выход углекислого газа составит:

$$L_{\text{CO}_2} = V_{\text{газу}} \times v_{\text{CO}_2} = 42,5 \times 0,87 = 37 \text{ м}^3/\text{год},$$

где $V_{\text{газу}}$ – средняя нормативная количество природного газа, необходимо сжигать в тепличном модули общей площадью в 1 гектар ;

v_{CO_2} – удельный выход углекислоты, образующейся при сжигании природного газа месторождения Гоголево - Полтава.

Как видим порядок цифр по расчетам полученными для двух вариантов получения углекислого газа для работы системы подпитки растений тепличного хозяйства достаточно близки между собой. При этом экономический эффект от предлагаемой системы подпитки CO_2 легко вычислить выполнив расчеты.

Так для тепличного хозяйства в составе многопролетные теплиц круглогодичного выращивания срок использования составляет примерно 11 месяцев (один месяц отводится для проведения технологических перерывов в выращивании растений, проведении пропарки почвы, дезинфекции, замены верхнего слоя и др.). При условии обеспечения подачи углекислоты для тепличного хозяйства площадью 1 га в течение $4-6$ часов (по требованиям [2]) количество природного газа, который будет сожжен в течение года составит:

$$\Sigma V_{\text{газу}} = V_{\text{газу}} \times n_{\text{роб.дн}} \times n_{\text{роб.доб}} = 42,5 \times 335 \times 5 = 71188 \text{ м}^3/\text{гk},$$

где $V_{\text{газу}}$ - средняя нормативная количество природного газа, необходимо сжигать в тепличном модули общей площадью в 1 гектар ;

$n_{\text{роб.дн}}$ – количество рабочих дней в году;

$n_{\text{роб.доб}}$ – продолжительность работы системы подпитки углекислым газом за сутки.

Кроме замены способа подкормки растений в данной схеме блокировки еще два аспекта, о которых необходимо сказать. Во-первых, это экологическая составляющая такого комбинирования. Ведь вместо того, чтобы выводить за пределы помещения для содержания КРС, благодаря применению такой схемы, мы подаем воздуха насыщен углекислым газом, для интенсификации роста растений и тем самым способствуем росту эффективности ведения растениеводства - чем приводит к общему уменьшению количества CO_2 , попадает в окружающую среду. Во-вторых, с учетом требований норм [1,2,3] при применении системы вентиляции тепличных модулей, особенно в холодный период года, для рационального использования топливно-энергетических ресурсов будет целесообразным использование теплого потока, который можно будет получить за счет использования тепла, которое содержит в себе удаляемый из помещения воздух, для нужд теплообеспечения системы приточной вентиляции почвенной теплицы. С учетом положений п. 4.8 [1] "В зимних теплицах следует предусматривать водяное отопление в сочетании с воздушным (комбинированное отопление)". Такая система по указанным нормам должна предусматриваться в районах с расчетной наружной температурой наиболее холодных суток минус 20°C . "При этом тепловая мощность воздушного обогрева в системе комбинированного отопления рекомендуется принимать в однопролетных теплицах $35 \div 50\%$, во много пролетных - $20 \div 40\%$ общих расхода теплоты на расчетный период".

Если для приведенного выше примера с использованием бросового воздуха из помещения для содержания КРС в количестве $L_{\text{норм}} = 15590 \text{ м}^3/\text{час}$ и средним значением температуры вытяжного воздуха на уровне плюс 20°C , определить среднее значение потока теплоты, который можно будет использовать в работе системы комбинированного отопления в виде воздушного отопления тепличного модуля:

$$Q_{\text{оп}} = C_{\text{пов}} \times G_{\text{пов}} \times t_{\text{пов}} = 1,005 \times 3,6 \times 20 = 72,4 \text{ кВт},$$

где $C_{\text{пов}}$ – удельная массовая теплоемкость воздуха, $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ средняя нормативная количество природного газа, необходимо сжигать в тепличном модули общей площадью в 1 гектар;

$C_{\text{пов}}$ – секундная массовый расход вытяжного воздуха, $\text{кг} / \text{с}$;

$t_{\text{пов}}$ – среднее значение температуры вытяжного воздуха, $^\circ\text{C}$.

Учитывая стоимость тепловой энергии и природного газа в современных условиях, и даже не проводя расчеты по дополнительным капитальным затратам, которые будут связаны с устройством объединенной системы вентиляции: с одной стороны вытяжной для помещения по содержанию КРС, а с другой стороны приточной для тепличного модуля – имеем убедительный рычаг для устройства системы подкормки растений за счет использования воздуха, удаляемого из помещения для содержания КРС. С учетом всего вышесказанного принципиальная схема блокировки производственных сельскохозяйственных зданий для выращивания КРС и тепличного хозяйства может быть представлена в виде рисунка 3:

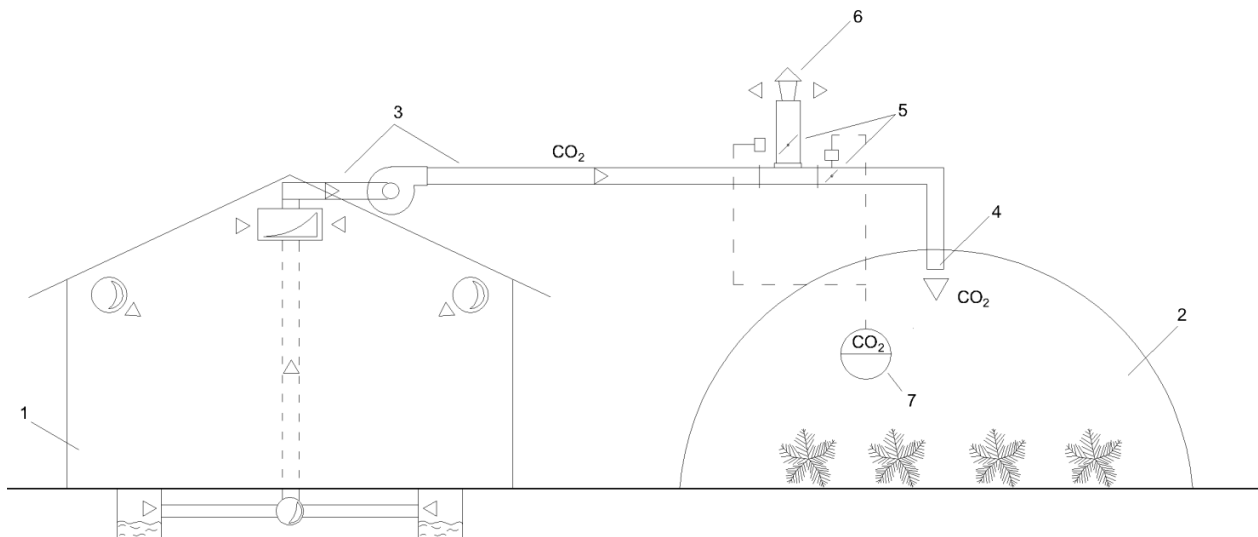


Рисунок 3 - Принципиальная схема блокировки помещений для содержания КРС и теплицы:

1 – производственное помещение по содержанию КРС; 2 - теплица; 3 - система удаления (утилизации CO_2) воздуха из помещения КРС; 4 - система подачи (подкормка) CO_2 ; 5 - регулирующие устройства (шиберы) системы вытяжной вентиляции; 6 - вытяжная шахта; 7 - датчик концентрации CO_2 в помещении; 8 – исполнительные механизмы приборов регулирования (сервоприводы).

Как видно из последнего рисунка в работе такой системы возникают определенные проблемы, которые связаны прежде всего с необходимостью полного контроля параметров работы системы и быстрого реагирования на изменение тех или иных факторов. То есть в соответствии с §15 [2] необходимо предусматривать средства автоматизации процессов создания микроклимата как в помещении для содержания КРС так и в помещении для выращивания растений.

Выводы. При повторном использовании ресурсов коровника для подкормки растений в культивационных сооружениях связь между объемно-планировочным решением зданий кроется в максимальном использовании излишков углекислого газа в системе обеспечения микроклимата теплиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплиці та парники: ДБН В.2.2-2-95. К.: Держкоммістобудування України, 1995. – 14 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Тепличні та оранжерейні підприємства. Споруди захищеного ґрунту для фермерських (селянських) господарств.: ВНТП-АПК-19-07. – [Чиннівід 2007–08–01] // Мінагрополітики України. – К.: ХІК, 2007.- 96 с. – (Відомчі норми технологічного проектування).
3. СанПиН 5791-91 Санитарных правил и норм по устройству и эксплуатации теплиц и тепличных комплексов.
4. Відомчі норми технологічного проектування. ВНТП – АПК 01.05. Скотарські підприємства. Мінагрополітики України, К.: – 2005.- 96 с.
5. Теплоснабжение и вентиляция сельскохозяйственных зданий и сооружений. – Киев: Вища школа, 1983. – 215 с.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ПЕРЕГРЕВА И ЕГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Аннотация. В данной статье предложены мероприятия для решения проблемы локального перегрева внутренней поверхности ограждающей конструкции, возникающего при работе тепловыделяющего оборудования, в частности отопительного прибора, установленного возле стен.

Ключевые слова: локальный перегрев, отопительный прибор, теплоизоляция, технико-экономическое обоснование.

Анотація. В даній статті запропоновано заходи щодо вирішення проблеми локального перегріву внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, що виникає при роботі тепловиділяючого обладнання, зокрема опалювального приладу, встановленого біля стін.

Ключові слова: локальний перегрів, опалювальний прилад, теплоізоляція, техніко-економічне обґрунтування.

Abstract. This article suggests probable solution of the problem of local overheating on the inner surface of the enclosing structures, due to installment heat emitting equipment, such as a heater, near the walls.

Key Words: local overheating, heater, insulation, feasibility study.

Введение. В Украине, как и во всем остальном мире одной из острейших проблем современности является снижение энергетических затрат на системы отопления в зданиях и сооружениях различного назначения, при этом теплопотребление производственных предприятий составляет большую часть от общего количества вырабатываемой тепловой энергии. В тоже время, в современных нормативных документах, действующих как в Украине, так и в Европейском Союзе не учитывается влияние локального перегрева термооболочки здания нагревательными приборами систем теплоснабжения или тепловыделяющим оборудованием. При этом термическое сопротивление ограждающих конструкций проектируется одинаковым по всей площади, без учета температурного распределения в помещении, которое определяется аэродинамикой взаимодействующих холодных (входящих в помещение от наружных ограждений) и конвективных (возникающих над нагретыми поверхностями – в частности, нагревательными приборами) потоков. Результирующее распределение температуры в помещении определяется мощностью этих потоков, что при повсеместном применении низкотемпературных систем теплоснабжения, не изучено.

Таким образом, исследования, направленные на совершенствование энергоэффективного использования систем теплоснабжения с управлением аэродинамики входящих воздушных потоков являются актуальными и отвечают современным тенденциям развития теплоэнергетики.

Анализ публикаций. Согласно изложенному в [1], преобладающие на отечественном рынке стеклопакеты не обеспечивают регламентированными нормами [2] приток воздуха, поэтому потребуется дополнительно устанавливать приточные отверстия, что, в свою очередь, изменит температурный баланс в помещении. Также необходимо отметить, что при превышении мощности холодного потока над мощностью теплого, происходит прорыв холодного воздуха в рабочую зону помещения, и как следствие значительное увеличение теплопотерь, компенсируемое регулированием расхода тепла в системе отопления. Однако, такие мероприятия снижают показатели энергетической эффективности здания и не позволяют достичь максимально экономически оправданного использования топливно-энергетических ресурсов [3].

Цель и постановка задач. Применяя теплоизолирующую краску на задней поверхности отопительного прибора и устанавливая оконный проветриватель в нижней части стеклопакета, можно решить проблему локального перегрева. Так свежий воздух беспрепятственно и с наименьшим сопротивлением смешивается с воздухом за нагревательным прибором и уже теплой струей не отличающейся температурой от окружающей среды восполнит помещение необходимым притоком, а перегрева ограждающей конструкции не происходит, т.к. температура струи принимает значение температуры в помещении. Как показывают расчеты, для организации такого процесса перепад температуры между теплоизолированной и ограждающей поверхностями должен быть не более 10 °С. В этом случае достигается нисходящее направление движения холодного воздуха между нагревательным прибором и ограждающей конструкцией.

Результаты и их анализ. Данный вывод был получен в результате выполнения эксперимента с использованием тепловизора Testo 882 и лазерного термометра Testo 810 с учетом требований [2] и [4]. На рисунках срез температуры дан на высоте 400 мм от плоскости пола.

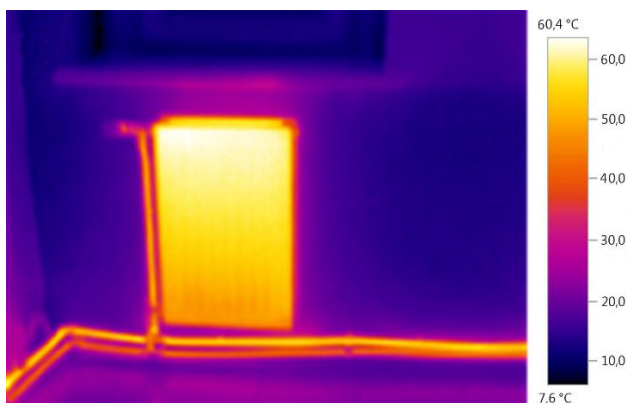


Рис. 1. Снимок поверхности нагревательного прибора, температура поверхности +60 °С

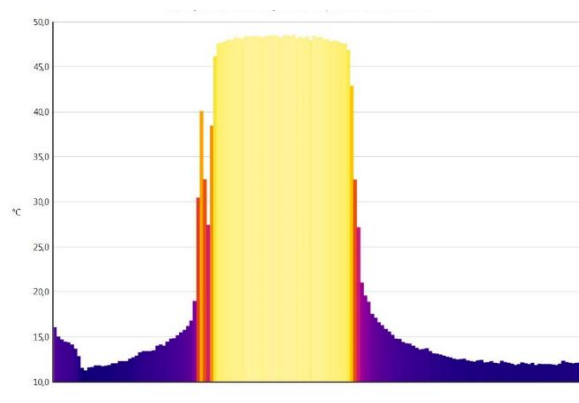


Рис. 2. Термограмма поверхности внешней ограждающей конструкции
Минимум – 11 °С. Максимум – 47,8 °С.
Среднее значение – 20,8 °С

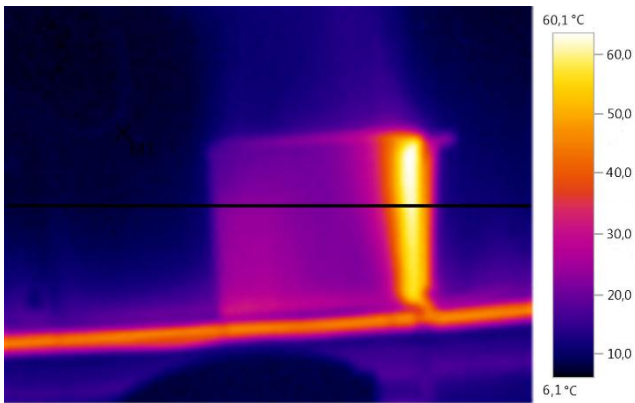
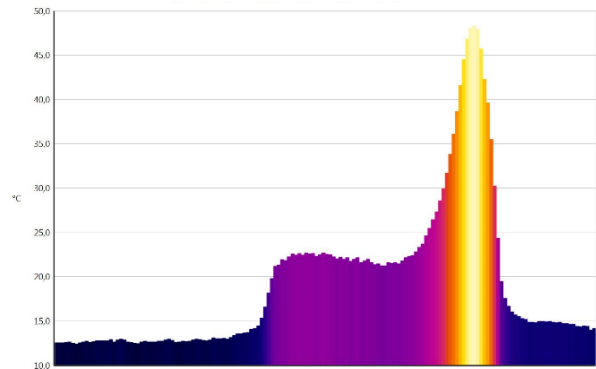


Рис. 3. Работа предложенной системы отопления с изолированной поверхностью радиатора



**Рис. 4. Термограмма поверхности внешней ограждающей конструкции
Минимум – 12 °С. Максимум – 47,7 °С.
Среднее значение – 19,4 °С**

Анализируя данные рисунки, наблюдаем на термограмме некоторое повышение температуры в зоне за нагревательным прибором и резкое повышение в боковой торцевой части. Скачок температуры объясняется тем, что в данном месте осуществляется подача теплоносителя, т.е. данная область имеет наибольшую температуру. Повышение же на несколько градусов температуры внешней стены за отопительным прибором - тем, что изолируется лишь задняя поверхность, при этом верхний и нижний торец выделяют тепловой поток согласно расчетам.

Однако, для применения предложенных мероприятий недостаточно подтверждение теории экспериментально, требуется технико-экономическое обоснование. Для этого был выполнен экономический расчет для зданий различного назначения, сравнение производилось для предложенной системы с локальным теплоизолированием поверхности нагревательных приборов со стороны наружного ограждения с типовым решением.

К расчету приняты следующие здания: главный корпус ремонтно-производственной базы на 100 спецмашин по уборке городов, областное отделение Сбербанка и 9-этажный жилой дом с поквартирным отоплением. Температурные зоны представлены городами Луцк и Симферополь.

Расчет проводился согласно [5] для зданий с равнозначными низкотемпературными системами отопления, т.е. материалы труб, виды отопительных приборов и режимы регулирования для каждого из них одинаковы, учитывались также затраты на принятые термостатические клапаны, на установку оконных проветривателей, трудозатраты на применение теплоизоляции, ее цена, экономия электрической и тепловой энергии при эксплуатации предложенного метода [5]. Результаты расчетов приведены в гривнах и сведены в таблицу.

Результаты технико-экономических расчетов

Назначение здания	Город	г. Луцк		г. Одесса	
		Типовое решение	С использ. мероприятий	Типовое решение	С использ. мероприятий
Главный корпус РПБ на 100 спецмашин по уборке городов		584620	467696	427520	342016
9-этажный жилой дом, блок-секция «Г»		90720	72576	83990	67122
Областное управление АО «Сбербанк»		108785	87028	95180	76144

Как видно из сводной таблицы наибольшая экономия получена для производственных зданий, что объясняется обычно большими размерами таких зданий и соответственно большими теплотерями. Величина экономии за счет уменьшения мощности механической вентиляции будет варьироваться в зависимости от количества людей, находящихся в помещении.

Выводы. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что затраты на эксплуатацию системы отопления и вентиляции можно сократить на 20% при использовании новой схемы организации тепломассобмена в цехах с естественным притоком наружного воздуха в помещение, за счет перенаправления холодного потока между нагревательным прибором и ограждающей поверхностью, путем обеспечения перепада температур между ними до 10 °С, и исключения дополнительных затрат электроэнергии на подогрев холодного воздуха поступающего в помещение.

Получен срок окупаемости (5,1 год) и коэффициент экономической эффективности (0,15). Выше сказанное позволяет сделать вывод, что предложенные разработки могут считаться экономически эффективными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябова Е., Богатикова Н. «Совершенствование систем отопления в помещениях с естественным притоком свежего воздуха». MOTROL, 2014, Vol 16, №5, с. 239-242.
2. ДБН В.2.5-67.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013.
3. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Гершкович В.Ф. Альбом рекомендаций по применению современного эффективного оборудования в системах отопления и горячего водоснабжения зданий при централизованном теплоснабжении К.: КиевЗНИИЭП, 2003.
5. Отставнов А.А. К технико-экономическому обоснованию устройства систем водяного отопления. - М.: С.О.К., - 2005 - №1, 2005

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В КРЫМУ

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
email: alla.sergeeva.00@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме утилизации отходов. Автор рассматривает принципы комплексного подхода управления отходами. Проведен краткий обзор экономических составляющих проблемы.

Ключевые слова: эффективность, переработка отходов, ТБО (твердые бытовые отходы).

Abstract. The article is devoted to the problem of waste products utilization. The author in his article considers the principles of integrated waste management. The brief overview of the economic components of the problem is carried out.

Key Words: efficiency, recycling, solid waste.

Постановка проблемы. Переработка отходов является сложнейшей многофакторной проблемой. Осознание важности данной проблемы, приобретшей в настоящее время глобальный характер позволит мировому сообществу обозначить новые приоритеты на пути сбалансированного развития. Проблема в области утилизации и переработки отходов является одной из важнейших, решение которой характеризует ресурсно-экономический и инновационный потенциал государства.

Становление масштабной индустрии утилизации и переработки промышленных и бытовых отходов является важнейшей экономической задачей, решение которой приведёт к развитию экономической системы рециклинга (системы утилизации и переработки отходов), а именно к оздоровлению экологической ситуации, увеличению количества предприятий малого и среднего бизнеса, созданию новых рабочих мест, сохранению природных и энергетических ресурсов России [1].

Актуальность. Формирование безопасной и эффективной системы обращения с отходами производства и потребления сегодня актуально как никогда. Инженерная инфраструктура исчерпала свои мощности и не справляется с возрастающим объемом отходов (рис. 1).

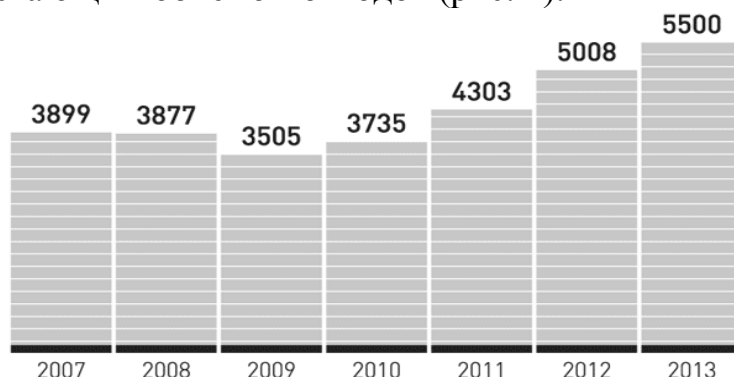


Рис. 1 Объем отходов производства и потребления в РФ, млн.тонн; источник: Росказна, оценочный прогноз ФЦПФ 2031г.

По данным Росприроднадзора, в стране работает менее 400 предприятий по сортировке и утилизации ТБО, всего существует 1092 полигона. На индустриальную переработку отходов не перешел ни один из регионов. Рынок вторичных ресурсов развит слабо: из всего объема образующихся ТБО лишь 4–5% вовлечены в переработку.

Крым пришел в Россию с десятками миллионов тонн мусора. И ежегодно накапливается по 4 млн. тонн отходов.

Крымский полуостров уникален по своим природно-климатическим свойствам, благодаря чему обладает колоссальным оздоровительным потенциалом. Несомненно, в данном регионе решение проблемы в обращении с отходами имеет важное значение.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. В мировой экологической литературе используется очень емкий и показательный термин «hot-spot» - «горячая точка». Этот термин призван обозначить и привлечь внимание общественности к экологически неблагополучным территориям, где разрушается ландшафт, идет интенсивное загрязнение в связи с хозяйственной или иной деятельностью человека [6].

Свалки и полигоны твердых бытовых отходов являются предметом многолетних изысканий, выполняемых институтом «КрымГИИНТИЗ» (г.Симферополь) на территории Крыма. На протяжении последних 10 лет институтом проводились комплексные обследования практически всех крупных существующих полигонов в Крыму, закрытых или заброшенных свалок. В Крыму проблема дефицита земель стоит особенно остро в силу ограниченности территориального фактора, ряду социально-экономических и межнациональных проблем, чрезвычайной рекреационной привлекательности [2].

В опубликованных материалах проблема в области утилизации отходов рассматривается с точки зрения экологической катастрофы. Обобщены результаты экологических исследований полигонов и свалок отходов в Крыму, предложены пути управления объектами отходов на примере Крыма, также наглядно показана актуальность проблемы.

Новизна исследования состоит в том, несмотря на многочисленные исследования в области утилизации отходов, изучение проблемы в условиях Крымского полуострова до настоящего времени не проводилось. Учитывая актуальность решения вопроса в указанном направлении, необходимо выполнить анализ и разработать рекомендации с учетом формирования системы объектов в области обращения с отходами.

Целью исследования является выявить проблему в системе утилизации отходов в Крыму и рассмотреть направления её решения.

Основная задача исследования - предложить варианты решения проблемы с территориями, занятыми несанкционированными свалками и перегруженными полигонами твердых бытовых отходов с учетом экономической эффективности.

Основная часть. Площади земель, отводимых для захоронения отходов производства и потребления, неотвратно увеличиваются в независимости от природно-ресурсной и градостроительной ценности территорий.

Бытовой мусор, которым мы загрязняем огромные территории, в развитых странах давно стал источником доходов. Очевидно, что полигоны в том виде, в котором они строятся и эксплуатируются, не имеют право на существование, т.к. изымаются колоссальные земельные ресурсы, происходит длительное и направленное загрязнение природных сред и ухудшение здоровья населения, бессмысленно теряется материальная ценность вторсырья, на территориях полигонов формируется криминогенный социум и т.д.

Острая необходимость кардинального улучшения, положенная в области переработки отходов, в настоящее время уже осознана во всех слоях общества. В Крыму нужно прекращать захоронение и складирование отходов и следует переходить к другой системе сбора и утилизации ТБО (твердых бытовых отходов). Такое мнение высказал председатель Республики Крым, по его сведениям на полуострове предполагается построить пять мусороперерабатывающих заводов. Но важно помнить о том, что экономическая эффективность напрямую зависит от рационального использования средств, выделяемых на развитие данной отрасли, и территорий, отводимых под застройку, в виду их природно-ресурсной и градостроительной ценности.

Экономическая эффективность – соотношение полезного результата и затрат факторов производственного процесса. Показатель эффективности на разных уровнях экономической системы – итог функционирования экономики и получение максимума возможных благ от имеющихся ресурсов, также соотношение выгоды (блага) и затраты, т.е. рациональность. Рациональность заключается в том, что производитель благ и потребитель стремятся к наивысшей эффективности и для этого максимизируют выгоды и минимизируют затраты.

Для стратегического планирования комплексов по утилизации ТБО (твердых бытовых отходов) следует провести системный анализ морфологического состава, образуемых в регионе отходов. Реализация подобного анализа для Крымского полуострова оптимизирует подбор технологий переработки вторичного сырья.

Для Крыма подобный анализ ранее не осуществлялся. Как следствие планировать строительство пяти мусороперерабатывающих заводов без предварительного исследования нецелесообразно. Необходимо также учесть плотность населения в разных районах Крымского полуострова различна, соответственно количественные показатели отходов. Качественные показатели и морфологический состав также отличаются в городских и сельских населенных пунктах. Важно учитывать и специфику региона – сезонное увеличение населения.

Поэтому важно понимать, что до начала осуществления масштабных новых проектов необходимо четко определить юридические, финансовые и организационные предпосылки.

Окупаемость инвестиций в сортировку, переработку и утилизацию мусора очень сильно зависит от поставляемых объемов, от его морфологии. Тарифы на утилизацию в Российской Федерации только вводятся. Тепловые сети замкнуты на другие источники. Стоимость производства электроэнергии из мусора в настоящее

время чрезмерно высока. Механизмы по субсидированию производителей возобновляемой энергии из мусора и возобновляемых источников, как, например, в западных странах, у нас только формируются. И какие-либо кардинальные решения без предварительного анализа не имеют эффективности.

Создание законодательной основы развития возобновляемой энергетики в России позволит создать очень перспективную динамично развивающуюся отрасль, которая будет играть очень важную роль не только в энергетической сфере страны, но и в социальной. Принятие в РФ «зеленого тарифа» для возобновляемых источников энергии сделает российский рынок возобновляемой энергетики крупнейшим в мире.

Для Крымского полуострова данный вопрос особенно актуален в связи с присоединением к Российской Федерации и сложными отношениями с Украиной. Так как Крым энергетически зависит от Украины, развитие возобновляемой энергетики в формате локальных энергетических систем позволит создать промышленный кластер в регионе, в виду того что подсоединение к общей энергетической системе достаточно не просто. В отношении Крыма еще и усложняется его географическим положением.

Выводы

1. Переработка отходов является одной из приоритетных, решение которой характеризует ресурсно-экономический и инновационный потенциал государства.

2. Необходимость развития масштабной индустрии утилизации промышленных и бытовых отходов является важнейшей экономической задачей, решение которой приведёт к совершенствованию экономической системы рециклинга (системы утилизации отходов) и оздоровлению экологической ситуации, сохранению природных энергетических ресурсов.

3. Экономическая эффективность в области обращения отходов напрямую зависит от законодательства государства.

4. Синергия законодательства, этики, промышленных технологий может решить одну из самых насущных проблем в области переработки и утилизации отходов в Крыму.

5. Экономическая эффективность в области утилизации и переработки отходов напрямую зависит от законодательной базы и глубины исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов А.В. Оценка эффективности рециклинга// - Режим доступа: <http://vestnik.igps.ru/>.
2. Орлова Т.А. Экологическая оценка земельных участков, занятых объектами отходов// Містобудування та територіальне планування. К.:КНУБА, 2006.-№25.-С. 167-180.
3. Министерство регионального развития и жилищно-коммунального хозяйства Автономной Республики Крым, официальный сайт - Режим доступа: <http://www.minregionkh.ark.gov.ua/>
4. Электронный ресурс – Режим доступа: <http://greenbelarus.info>
5. Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.politnavigator.net/>
6. Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.ekomir.crimea.ua/>

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ СОСТАВНОЙ ДЕРЕВЯННОЙ БАЛКИ СО СТЕНКОЙ ИЗ ОРИЕНТИРОВАННОЙ СТРУЖЕЧНОЙ ПЛИТЫ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
sintsov_a.v@mail.ru, sin59@bk.ru*

Аннотация. В работе приведены данные исследований напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов составной деревянной балки со стенкой из OSB и нагельными соединениями с поясами. Разработаны новые конструктивные решения составных деревянных балок со стенкой из OSB и нагельным соединением деревянных полок со стенкой. Представлена инженерная методика расчета составных деревянных балок со стенкой из OSB.

Ключевые слова: каркасная технология строительства малоэтажных зданий, составная деревянная балка со стенкой из OSB, нагельные соединения OSB и деревянных брусков.

Abstract. This research focuses on the strength and stiffness of a new structural component of the beam shape and the establishment of its design features. The formulas for determining the shear force, taking into account the work trunnel ties, and for part of deflection composed wooden beams loaded system power. Refined engineering design procedure composite wooden beams to the wall with OSB and trunnel connection with the wall.

Key Words: frame technology of construction of low-rise buildings, composed wooden beams with a wall of OSB, OSB trunnel connections and wooden bars.

Постановка задачи. Деревянный каркасный дом является одним из лучших изобретений архитектурной мысли человека. Деревянные и фахверковые дома были широко распространены в средневековой Западной Европе. Именно они создают неповторимый колорит маленьких городков Швейцарии, Германии, Бельгии, Нидерландов. На сегодняшний день в Крыму и многих областях России активно развивается данная отрасль строительства - каркасное домостроение малоэтажных зданий с применением деревянных составных двутавровых балок и стоек.

Опыт применения клееных деревянных балок показывает, что их надежность зависит от качества склейки и тщательного соблюдения технологического процесса изготовления в специальных цехах с необходимым дорогостоящим оборудованием при качественной сушке пиломатериалов. Одним из путей снижения трудовых и материальных затрат является широкое применение в малоэтажном строительстве составных деревянных конструкций со стенкой из плиты OSB (Oriented Strand Board - ориентированно-стружечная плита) с нагельным соединением с полками. В отличие от других плитных материалов OSB обладает способностью удерживать крепёж не связующим, а характером укладки щепы, многочисленными тонкими щепами, ориентированными в плоскости, перпендикулярной к оси крепёжных элементов [5].

На кафедре МДК НАПКС разработана конструкция составной деревянной двутавровой балки, в которой в качестве стенки применен материал OSB (oriented strand board). Вместе с тем особенности поведения составных деревянных балок со стенкой из плиты OSB с нагельными соединениями при воздействии статических кратковременных нагрузок исследованы недостаточно и требуют проведения дополнительных специальных исследований [2,3,6].

Цель работы и методы исследований. Цель работы: определения напряженно-деформированного состояния (НДС) составной двутавровой (коробчатой) балки со стенкой из OSB с учетом механических характеристик элементов и податливости соединений.

При выполнении исследований были применены следующие методы:

- численные методы строительной механики и теории упругости при моделировании рациональной конечно-элементной модели составной деревянной балки со стенкой из OSB с нагельными соединениями поясных деревянных брусков;
- экспериментальный метод, в частности тензометрический метод для определения внутренних деформаций в элементах составной деревянной балки со стенкой из OSB;
- механические методы испытания элементов конструкций нагрузкой;
- методы математической статистики при обработке результатов экспериментов.

Исследовательская часть. Для определения несущей способности нагеля в «двухсрезном» соединении – деревянные бруски – лист OSB проведены экспериментальные и численные исследования. Экспериментально – теоретическим методом и на компьютерных моделях узлов соединения, которые разработаны с использованием программного комплекса «Лира 9.6» [4], были получены значения несущей способности нагелей F_{I-II} и верхней границы упругих деформаций δ_{I-II} . В результате проведенных исследований получены коэффициенты для расчета несущей способности нагельных соединений листов с деревянными брусками при работе на срез:

- коэффициент из условия изгиба нагеля для одного среза
- $K_u = 0,36$;
- коэффициент из условий из условия смятия OSB для одного среза
- $k_1 = 0,565$.

Для определения НДС элементов составной деревянной балки со стенкой из OSB и нагельным соединением с деревянными полками разработана инженерная методика расчета и проведены численные и экспериментальные исследования [2].

В основе инженерной методики расчета составной деревянной балки со стенкой из OSB и нагельными соединениями с поясами лежит необходимость определения момента инерции брутто, приведенного поперечного сечения, в

котором учтены разномодульность элементов составной балки, податливость и шаг нагелей [7-9]:

$$J_x = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} \cdot \frac{E_w}{E_f} + \gamma \cdot \sum_{f=1}^n n \cdot A_f \cdot a_1^2$$

где t_w, h_w толщина и высота стенки, E_f, E_w - модули упругости материалов,

A_f - площадь полки, n - количество полок, $\gamma = \frac{1}{1+k}$ - коэффициент,

учитывающий тип и шаг нагелей, $k = \frac{\pi^2 E_w n_1 A_f l_s}{L^2 c}$ - коэффициент

скольжения (податливости), $n_1 = E_f / E_w = E_\delta / E_{osb}$, l_s - шаг нагелей, c - погонное сдвиговое усилие в соединении, L - пролет балки.

Далее проверка прочности опасных сечений составной балки по нормальным напряжениям проводим по следующим формулам:

Максимальное напряжение в сжатой зоне в поясных деревянных брусках

$$\sigma_{rs} = \frac{M}{J_x} \left(\frac{h - 2t_f}{2} \right) \leq R_u$$

где R_u - расчетное сопротивление изгибу древесины.

Максимальное напряжение в сжатой зоне стенки у поясных брусков

$$\sigma_{r1} = \pm \frac{M}{J_x} \left(\gamma \cdot a_1 \cdot \frac{A_1}{A_{1n}} \pm \frac{t_f}{2} \cdot \frac{J_1}{J_{1n}} \right) \leq R_{c osb},$$

где A_1 - полная площадь полок брутто, A_{1n} - полная площадь поясных брусков нетто, t_f - толщина полки, J_1 - полный момент инерции поясных брусков брутто, J_{1n} - полный момент инерции поясных брусков нетто, $R_{c osb}$ - расчетное сопротивление сжатию OSB в плоскости листа.

Максимальные нормальные напряжения в растянутой зоне (по центру тяжести растянутой полки)

$$\sigma_{s1} = \frac{M}{J_x} \cdot \gamma \cdot a_1 \cdot \frac{A_1}{A_{1n}} \leq R_p$$

где R_p - расчетное сопротивление растяжению древесины.

Максимальные касательные напряжения в стенке

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{J_x \cdot t_w} (\gamma \cdot S_1 + S_3) \leq R_{cp osb}$$

где S_1 - статический момент полки, S_3 - статический момент стенки, $R_{cp osb}$ - расчетное сопротивление срезу OSB в плоскости листа.

Шаг стальных нагелей определяем по формуле

$$l_s = \frac{n \cdot T_{\min}}{N_T}$$

где T_{\min} - несущая способность нагеля на сдвиг, n - количество рядов нагелей, Расчетное погонное сдвигающее усилие в соединении $N_T = \tau \cdot t_w$.

Несущая способность нагеля для элементов крепления при простом сдвиге

- из условий изгиба:

$$T_1 = K_u \cdot d_n^2 \cdot \sqrt{R_y} \cdot \sqrt{R_{cm}}^{osb}$$

где d_n - диаметр нагеля, R_y - расчетное сопротивление по пределу текучести стали.

- из условия смятия наименее прочного из соединяемых элементов:

$$T_2 = k_1 \cdot t_w \cdot d_n \cdot R_{cm}^{osb}$$

где R_{cm} - расчетное сопротивление смятию материала стенки.

В качестве расчетной величины принимаем минимальное из полученных значений.

Проверка деформативности составной двутавровой балки

$$f_n = f_m + f_a \leq [f]$$

где f_n - полная деформация, $f_m = \frac{5 M_n l^2}{48 E_1 J_x K_m}$ - деформация составной

балки цельного сечения, $f_a = \frac{M_n}{5 E_w A_w}$ - дополнительная деформация стенки

балки с учетом податливости соединений, $K_m = 0.8$ - дополнительный понижающий коэффициент к модулю упругости древесины, учитывающий длительность действия нагрузки.

При создании компьютерных моделей составных балок в ПК «ЛИРА-В9.6» применены элементы с физической нелинейностью. Диаграмма для древесины принята по Белянкину – Прагеру, диаграмма для листа OSB3 принята по результатам собственных экспериментальных исследований, диаграмма для металла принята по Прандтлю [1,2,3,5,6]. Процесс разрушения конструкции балки моделировался нелинейными нагружениями.

Анализ полученных результатов расчетов компьютерных моделей позволил выявить определенные закономерности:

- максимальных значений нормальные продольные напряжения в стенке достигают в зонах приложения нагрузки $\sigma_x = -11,7$ (-14,05)...+10,92 (9,93) мПа;
- касательные напряжения в стенке достигают максимального значения в сечении, удаленном от опоры на расстоянии 5 см в средней части по высоте сечения $\tau_{xy} = -3,08$ мПа.

Результаты численных исследований показывают проблемные зоны с повышенными значениями напряжений в элементах составных балок (рис. 1):

- элементы верхнего и нижнего поясов в пролете;

- элементы стенки в при опорной зоне и у мест приложения нагрузки;
- зоны максимальных сдвигающих усилий по границе контакта «полка – стенка».

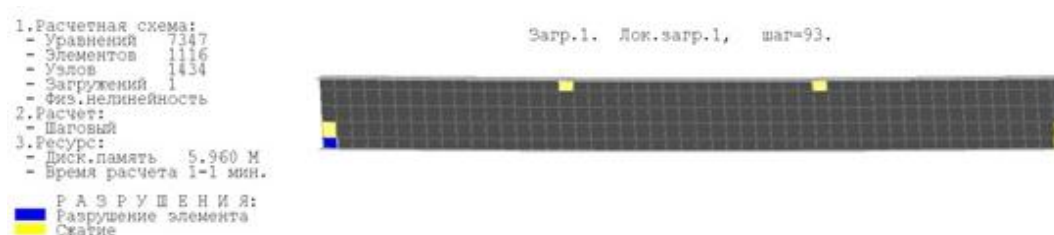


Рисунок 1 - Картина разрушения стенки в местах приложения внешней нагрузки (случай нагружения двумя силами) и опорных сечениях.

При проведении экспериментальных исследований определения НДС элементов составной деревянной балки со стенкой из OSB и нагельным соединением с деревянными полками выбран метод тензометрии с установкой индикаторов часового типа, который позволяет составить количественную картину напряжений и перемещений в исследуемых сечениях образца. Испытанию подвергались натурные конструкция, что давало возможность сохранить все физические явления, происходящие в ней при нагружении (рис.2).

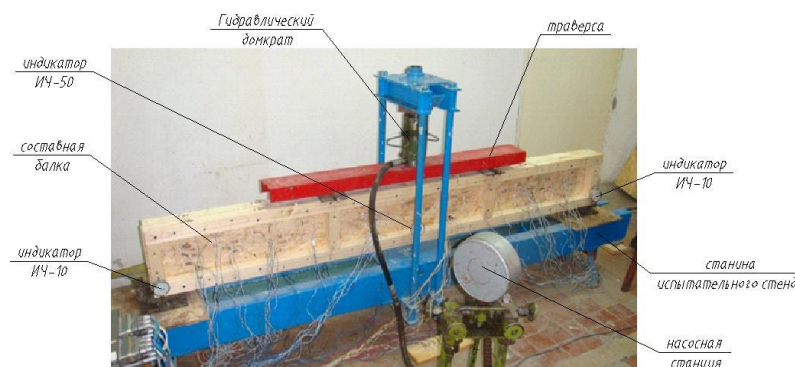


Рисунок 2 - Испытательный стенд с экспериментальным образцом. Нагружение производилось гидравлическим домкратом

Построенные по обработанным результатам графики прогибов срединных сечений балок от нагрузки, подчеркивают четкую зависимость - жесткость составной балки с нагельными соединениями стенки с полками и стенкой из OSB выше чем меньше шаг нагелей.

Получены различные виды разрушения составных деревянных балок, при этом места разрушения элементов и их характер схож с результатами полученными при проведении численных исследований:

- образование трещины в стенке из OSB в растянутой зоне в пролете балки в районе ребра жесткости в месте передачи нагрузки;
- образование трещины в сжатой зоне стенке из OSB у верхнего пояса в районе ребра жесткости в месте передачи;

- разрушение сжатых полок с образованием пластической складки при потере устойчивости балок;
- трещина в растянутых брусках нижнего пояса в местах дефектов и по некачественному клеевому шву.
- реализация той или иной формы разрушения зависит от шага нагелей, толщины стенки и поперечных размеров поясов.

Для подтверждения достоверности результатов провели расчет по инженерной методике составных двутавровых балок Б-4 и Б-5, у которых нагели установлены с шагом 50 мм и 37,5 мм, для которых ранее были выполнены численные и экспериментальные исследования. Результаты исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Сравнительные результаты исследований

№ балки	Расчетные показатели	Инженерная методика	Численные исследования	Экспериментальные исследования
Б-4	F, кН	15	15	15
	M _{max} , кН*см	625	625	625
	Q _{max} , кН	7.5	7.5	7.5
	σ _{max} стенка, МПа	-13,15	-14,05	-
	σ в стенке у полки, МПа	-8,16	-7,5/7,7	-7,7
	σ _{max} полка, МПа	9,83	9,2	9,0
	τ _{max} стенка, МПа	3,097	3,3	-
	принятый/расчетн. шаг нагелей, см	5/4,85	5	5
	прогиб, см	1,49	1,42	1,4
Б-5	F, кН	15	15	15
	M _{max} , кН*см	625	625	625
	Q _{max} , кН	7.5	7.5	7.5
	σ _{max} стенка, МПа	-11,67	-14,24	-
	σ в стенке у полки, МПа	7,34	4,6	5,9
	σ _{max} полка, МПа	11,16	10,96	7,8
	τ _{max} стенка, МПа	3,19	4,6	
	принятый/расчетн. шаг нагелей, см	3,75/3,85	3,75	3,75
	прогиб, см	1,299	1,25	1,2

Как видно, из анализа данных таблицы 1 расхождения в результатах теоретических, численных и экспериментальных исследований на отдельных участках по длине балки составляли 15...25%.

Выводы. Разработаны новые конструктивные решения составных деревянных балок со стенкой из OSB и нагельным соединением деревянных полок со стенкой, защищенные патентами Украины.

Уточнены механические характеристики плит OSB, предложена модель для расчета плиты OSB.

Уточненная инженерная методика расчета опасных сечений составных деревянных балок со стенкой из OSB, позволила определить ее несущую способность и проверить деформативность с учетом податливости нагельных соединений деревянных полок со стенкой.

Выполненное сопоставление результатов проведенных исследований показало близость полученных результатов, что позволяет сделать вывод о возможности применения при проектировании уточненной инженерной методики для расчета составных деревянных балок со стенкой из OSB и нагельными соединениями поясов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириленко, В. Ф. Расчетная модель ориентированно-стружечной плиты как конструкционного материала в несущих и ограждающих конструкциях [Текст] / В. Ф. Кириленко // Современные строительные конструкции из металла и древесины : сб. научн. тр. / ОГАСА. - Одесса, 2010. - Вып. 14 (2). - С. 68 - 71.
2. Коченов, В. М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций [Текст] / В. М. Коченов. - М. : Госстройиздат, 1953. - 226 с.
3. Лоскутова, Д. В. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния древесины в зоне контакта с нагелем [Текст] / Д. В. Лоскутова // Вестник ТГАСУ. – Тамбов, 2008. - № 1. – С. 92 - 96.
4. ООО «Ли́ра софт», Украина, Киев «ПК Ли́ра 9.6»; Сертификат соответствия: № РОСС RU.СП15.Н00315 с 01.07.2010 по 30.06.2012 №0005618.
5. Ориентированно-стружечная плита в деревянно-каркасном строительстве. OSB Качество по заказу [Текст] : [русское издание] / - Ontario. Canada : Structural Board Association, 2008. – 68 с. - ISBN 1-896479-06-5.
6. Пуртов, В. В. Исследования соединений деревянных элементов на металлических пластинах с зубьями-дюбелями на действие длительной нагрузки [Текст] / В. В. Пуртов В. В., Е. Л. Прижукова // Изв. вузов. Строительство. - 2004. - №6. - С. 130-134.
7. DIN 1052:2004-08. Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau. (DIN 1052:2004 (E)) [Текст]. - DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. 10772 Berlin. – 235 s.
8. «Les poutres bois profilées à âme contreplaquée» Conception fabrication, mise œuvre. Série: technique générale de la construction 100. De l'institut technique du bâtiment et des travaux publics. № 458 – Paris, 1987. - P. 1-51.
9. Smith I. Design Method for Connections in Engineered Wood Structures/ Ian Smith, Andi Asiz, Monica Snow/ Faculty of Forestry and Environmental Management University of New Brunswick, Fredericton, 2006. - 80 p.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ТЕХНОЛОГИИ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты (УКРНИИГИЗ)

Аннотация. В статье дана методика определения экологических рисков в технологии умягчения воды. Установлено, что для системы реагентной коагуляции при средней производительности 40 м³/час, риск получения загрязненной воды на выходе системы составляет 28242 м³/год, т.е. 0,08. Это величина, которую необходимо учитывать для оценки экономических и социально-экологических рисков, поскольку она превышает 0,01 риска, что допустимо при работе.

Ключевые слова: экологический риск, умягчение воды, водоочистка, теплоэнергетика.

Анотація. У статті дана методика визначення екологічних ризиків в технології пом'якшення води. Встановлено, що для системи реагентної коагуляції при середній продуктивності 40 м³ / год, ризик отримання забрудненої води на виході системи складає 28242 м³ / рік, тобто 0,08. Це величина, яку необхідно враховувати для оцінки економічних та соціально-екологічних ризиків, оскільки вона перевищує 0,01 ризику, що припустимо при роботі.

Ключові слова: екологічний ризик, пом'якшення води, водоочищення, теплоенергетика.

Abstract. The paper presents the method of determining the environmental risks in water softening technology. It is established that the system of coagulation reagent at an average capacity of 40 m³/h, the risk of contaminated water at the system output is 28242 m³/year, ie, 0.08. This is a value that should be taken into account to assess the economic, social and environmental risks, because it exceeds the risk of 0.01, which is acceptable at work.

Key Words: environmental risks, water softening, water treatment, thermal energetic.

Введение. В настоящее время большинство современных методов очистки воды не всегда обеспечивают необходимые показатели качества очищаемой воды. Поэтому работа современных теплоэнергетических объектов создает экологический риск.

Несмотря на большое количество работ, посвященных подготовке воды для ТЭЦ и методам очистки воды, сбрасываемой ТЭЦ в окружающую среду, на сегодняшний момент практически нет методики, методологии расчета и оценки различного вида рисков, возникающих в системах водоочистки, применяемых в теплоэнергетике. На ТЭС и ТЭЦ вода преимущественно используется для получения пара в парогенераторах, испарителях, парообразователях, конденсации отработанного пара, как теплоносителя в тепловых сетях и системах для охлаждения различных аппаратов и агрегатов. Качество очищенной воды, поступающей из системы водоочистки, характеризуется содержанием в ней взвешенных и растворенных примесей, которые нормируются соответствующими стандартами. Поскольку абсолютно точно заданные характеристики выдержать невозможно, то они нормируются соответствующими пределами, а именно наименьшим допустимым значением концентраций, причем нижнее значение концентрации может быть, в идеале,

равным нулю. Однако, через сбои работы системы водоочистки создают экологические и техногенные риски и, в связи с этим необходимо изучить риски, возникающие при штатной работе системы водоочистки, через естественные неточности работы блоков и инерционности процессов, происходящих в них.

Анализ публикаций. При отказах различных блоков систем водоочистки, а также при их внештатной работе возникают значительные риски различного характера. Однако этим вопросы возникновения различных рисков не исчерпываются. Как показывает анализ данного вопроса, риски могут возникать и при штатной работе системы водоочистки. Это связано с естественной инерционностью рабочих процессов, блоков системы водоочистки, с изменением входных параметров воды, поступающей на очистку, с колебаниями активности реагентов и от некоторых других причин.

Рассмотрение и анализ данных обстоятельств возможен только в том случае, если рабочие процессы, имеющие место при работе системы водоочистки рассматривать как звенья единой системы рабочего процесса, причем эта система может быть как замкнутой, так и разомкнутой. Таким образом, необходимо рассматривать звенья системы, которые представляют не блоки, а ее рабочие процессы. Это дает возможность исследовать различные технологии водоочистки и определять риски, возникающие при их использовании.

Цель и постановка задач. Создание научных основ методологии определения, анализа и управления возникающими экологическими и техногенными рисками в системах водоочистки в теплоэнергетике для разработки методов экологической безопасности при эксплуатации теплоэнергетических установок является актуальной и перспективной.

Методика исследования. Технология реагентной коагуляции широко используется в теплоэнергетике для очистки грубо- и мелкодисперсных коллоидных систем, причем размер дисперсных частиц колеблется в довольно широких пределах от 10^{-9} до 10^{-4} м. [1 - 3].

Для очистки таких вод необходимо разделение жидкой и твердой фазы. При использовании реагентной технологии, применяется метод укрупнения мелких частиц в агрегаты под действием коагулянтов, флокулянтов и их смесей.

Низкомолекулярные неорганические или органические электролиты, способствующие агрегации частиц называются коагуляторами. Гидролизующиеся соли на основе которых создаются вышеуказанные электролиты называются коагулянтами. Ими в большинстве случаев являются сульфаты, галогениды многозарядных катионов, в основном $Al_2(SO_4)_3$ и $FeSO_4$. Флокулянты - это органические и неорганические высокомолекулярные соединения, способствующие образованию агрегатов за счет объединения нескольких частиц с помощью макромолекул адсорбированного или химически связанного полимера и интенсифицируют процесс хлопьеобразования. В качестве флокулянта используют полиакриламид (ПАА).

Таким образом, суть технологии водоочистки методом реагентной коагуляции от коллоидно-дисперсных систем заключается в снижении устойчивости дисперсных систем с помощью агрегатирования частиц дисперсной фазы под действием коагулянтов и флокулянтов с последующим разделением твердой и жидкой фаз за счет отстаивания воды, фильтрования и за счет других методов.

Следует учитывать, что дисперсные системы подразделяются на лиофильные системы и лиофобные.

Первые характеризуются сильным межмолекулярным взаимодействием частиц дисперсной фазы со средой (водой) и высокой термодинамической устойчивостью системы.

Вторые характеризуются значительной энергией связи внутри дисперсной фазы, что значительно выше энергии взаимодействия со средой. Для этих систем различают седиментационную устойчивость к силам гравитации и агрегативную устойчивость, характеризующуюся сопротивлением частиц слипанию.

Рабочие процессы технологии реагентной коагуляции могут быть представлены следующими звеньями [1,2].

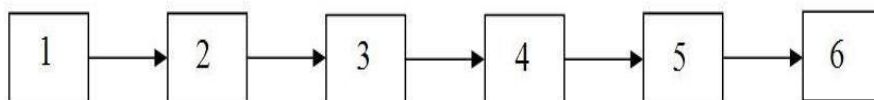


Рис.1. Звенья рабочего процесса реагентной коагуляции. 1-дозирование коагулянта, 2 - рост активности коагулянта в очищаемой воде, 3 - процесс коагуляции, 4 - процесс осаждения скоагулированных хлопьев, 5 - фильтрация очищенного раствора, 6 -изменение концентрации воды в водоприемнике.

1 - Срабатывание дозатора. Открывается заслонка и через некоторое время коагулянт поступает в очищаемую воду. С точки зрения теории автоматического управления дозатор представляет собой звено запаздывания, выходная величина которого точно повторяет входную величину, однако с некоторым запаздыванием по времени. Время запаздывания зависит от конкретной конструкции и режима работы дозатора. Таким образом, уравнение дозатора может быть представлено следующим выражением [4,5]:

$$m_{\text{вых}}(t) = m_{\text{вх}}(t - \tau) \quad (1)$$

где, $m_{\text{вых}}$ и $m_{\text{вх}}$ соответственно выходная и входная масса коагулянта, τ - время запаздывания.

Передаточная функция этого звена, то есть отношение выходной величины к входной, представленное в операторной форме будет:

$$W(p) = e^{-p\tau} \quad (2)$$

где, p - комплексная переменная, используемая в преобразованиях Лапласа.

Таким образом, можно сказать, что процесс реагентной коагуляции начинается с некоторым запаздыванием.

2 - Процесс повышения активности коагулянта. Как показано в работе [1 - 3], 100% активность коагулянта наступает не сразу, а через некоторое время.

Уравнение этого процесса имеет вид:

$$T \cdot \frac{dA_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}{dt} + A_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = k \cdot A_{\hat{a}\hat{o}} \quad (3)$$

где, T - постоянная времени процесса, A - активность коагулянта (0 - 1), k - коэффициент пропорциональности или коэффициент усиления звена.

Передаточная функция будет равна:

$$W_1(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1} \quad (4)$$

Таким образом, процесс повышения активности коагулянта соответствует закону изменения выходной величины апериодического звена.

3 - Процесс коагуляции описывается уравнением Смолуховского [1 - 3], что имеет вид:

$$\frac{dK_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}{dt} = -\frac{2}{3} \cdot \frac{R \cdot T \cdot \rho \cdot K_{\hat{a}\hat{o}}^2}{\eta \cdot r} \quad (5)$$

где, $K_{\text{вых}}$ - текущая концентрация скоагулированных примесей, $K_{\text{вх}}$ - максимальная концентрация скоагулированных примесей, R - радиус сферы притяжения частиц, T - температура среды, t - текущее время, η - динамическая вязкость среды, r - радиус частиц, ρ - расстояние между частицами.

Уравнение (4) может быть представлено так:

$$\frac{dK_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}}{dt} = -k_1 \cdot K_{\hat{a}\hat{o}}^2 \quad (6)$$

откуда передаточная функция будет:

$$W_2(p) = \frac{K(p)}{K^2(p)} \cdot \frac{-m}{p} \quad (7)$$

4 - Процесс осаждения скоагулированных хлопьев.

Рост концентрации осадка во времени можно описать уравнением [1 - 3]

$$T_2 \cdot \frac{dK_{\text{вых}}}{dt} + K_{\text{вых}} = k_2 \cdot K_{\text{вх}} \quad (8)$$

В этом случае передаточная функция будет:

$$W_3(p) = \frac{k_2}{T_2 \cdot p + 1} \quad (9)$$

Окончательная очистка завершается процессом фильтрации, уравнение которого имеет вид [1,3]:

$$\frac{dV}{S \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{\text{ос}} + R_{\text{пер}})} \quad (10)$$

где, V- объем фильтрата, S - площадь фильтрующей поверхности, ΔP - разность давлений до и после фильтра, μ - вязкость фильтрата, $R_{\text{ос}}$ - сопротивление осадка, $R_{\text{пер}}$ - сопротивление фильтрующей перегородки.

Передаточная функция будет:

$$W_4(p) = \frac{z}{p} \quad (11)$$

Конечное звено процесса водоочистки это некоторый водопотребитель, потребляющий определенную массу очищенной воды и содержащий ее определенный объем. Это звено может быть представлено некоторым водосборником. Изменение концентрации примесей в воде в данном водосборнике может быть выражено зависимостью:

$$K_{(t)} = \frac{(V - v \cdot t) \cdot K_1 + v \cdot t \cdot K_2}{V} \quad (12)$$

где, V - объем воды в водоприемнике, v - скорость фильтрации, K_1 - начальная концентрация примесей в воде, поступающей на очистку, K_2 - концентрация примесей в воде после их осаждения, t - текущее время.

Передаточная функция процесса водоочистки при использовании технологии коагуляции будет [4,6 - 8]:

$$W_{(пв)} = W(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p) \quad (13)$$

Для исследования динамики процесса методом математического моделирования, необходимо решить следующую систему уравнений, учитывая, что выход предыдущего звена является входом последующего.

$$\begin{aligned} T \cdot \frac{dA_{\text{блх}}}{dt} + A_{\text{блх}} &= k \cdot A_{\text{вх}} \\ \frac{dK_{\text{блх}}}{dt} &= -\frac{2}{3} \cdot \frac{R \cdot T \cdot \rho \cdot K_{\text{вх}}^2}{\eta \cdot r} \\ T_2 \cdot \frac{dK_{\text{блх}}}{dt} + K_{\text{блх}} &= k_2 \cdot K_{\text{вх}} \\ \frac{dV}{S \cdot dt} &= \frac{\Delta P}{\mu \cdot (R_{\text{oc}} + R_{\text{неп}})} \\ K(t) &= \frac{(V - v \cdot t) \cdot K_1 + v \cdot t \cdot K_2}{V} \end{aligned} \quad (14)$$

При решении данной системы следует учитывать тот факт, что имеется некоторая задержка по времени τ , что обеспечивается запоздалым звеном - дозатором.

Динамические характеристики процесса можно исследовать также с помощью передаточных функций (4), используя аппарат теории автоматического управления [4,6 - 8]. Однако решение системы (5) дает более наглядное представление о динамике процесса и дает более реальные представления об изменении концентрации загрязнений во времени. Это важно, потому что дает возможность иметь представление о том, какую часть времени работы системы водоочистки, работающий в штатном режиме, потребителю поступает недоочищенная вода. В настоящее время решения системы (5) значительно облегчается, так как в настоящее время есть мощные математические приложения типа MATHCAD и MATLAB, позволяющих получать как численные, так и аналитические решения.

Принимаем по данным работ [1,9] значение $K_1 = 1000$ мг/л, $T = 0,5$ мин, $T = 2$ мин, площадь фильтрующей поверхности фильтра $S = 1$ м², скорость движения жидкости после фильтра 8,32 л/мин, $V = 0,5$ м³. Другие величины также принимаем по данным вышеуказанных работ. В результате математического моделирования получаем динамику процесса изменения концентраций загрязнений при очистке воды с помощью технологии реагентной коагуляции, как показано на рисунке 2.

Как видно из результатов математического моделирования, изменение концентрации в тестовой емкости происходит за 5 - 7 мин. Это означает, что каждый раз, когда происходит изменение концентрации дисперсных примесей на входе она корректируется соответствующим изменением дозы коагулянта, по крайней мере 5 мин, что составит 41,6 л неочищенной воды. При частой смене концентрации на входе или при изменении активности коагулянта, доля загрязненной воды при работе установки водоочистки в штатном режиме, может быть достаточно велика.

Исходя из результатов моделирования, изменение концентрации воды в водоприемнике происходит значительно медленнее, на что обращается внимание в работе [6,7,10].

Полученные результаты по изменению концентрации $K_4(\tau)$, можно принять в качестве основы для расчета рисков, поскольку при увеличении объема водоприемника, пропорционально увеличивается площадь фильтрации и количество фильтров.

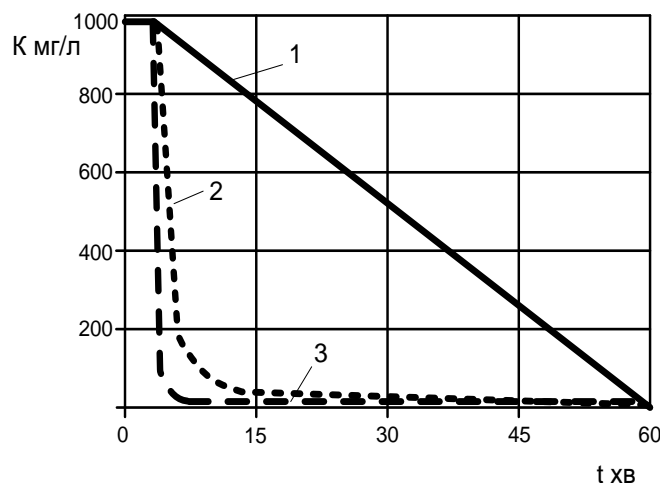


Рис.2. Изменение концентраций загрязнений в период процесса водоочистки технологии реагентной коагуляции. 3 - изменение концентрации нескоагулированных частиц дисперсных примесей, 2 - изменение концентрации дисперсных примесей в очищаемой воде, при осаждении скоагулированных частиц, 1 - изменение концентрации очищаемой воды, в водоприемнике, τ - настоящее время, мин.

Результаты и их анализ. Как указывалось выше, при работе систем водоочистки ТЭС и ТЭЦ возникают различные техногенные риски, которые ухудшают состояние экологической безопасности окружающей среды [5,9,10 - 14]. Причинами этих рисков является отказ блоков и элементов систем водоочистки, частичные отказы и нештатная работа систем водоочистки и

риски при штатной работе систем водоочистки, как следствие физико-химических принципов, на которых они работают.

Вследствие этого можно определить:

$P(R_{\text{отк}})$ - вероятность риска, вызванного отказами блоков и элементов систем водоочистки;

$P(R_{\text{нешт}})$ - вероятность риска, вызванного частичными отказами блоков и элементов систем водоочистки;

$P(R_{\text{штат}})$ - вероятность риска, который встречается при штатной работе систем водоочистки, как следствие физико-химических принципов на которых они работают.

Эти вероятностные события совместимы, потому реализация одного события не исключает реализации других.

Суммарная вероятность этих событий, если использовать полную теорему приложения совместных событий, будет:

$$P(R_{\text{суммарный}}) = P(R_{\text{отк}} + R_{\text{нешт}} + R_{\text{штат}}) = P(R_{\text{отк}}) + P(R_{\text{нешт}}) + P(R_{\text{штат}}) - P(R_{\text{отк}} \cdot R_{\text{нешт}}) - P(R_{\text{отк}} \cdot R_{\text{штат}}) - P(R_{\text{нешт}} \cdot R_{\text{штат}}) - P(R_{\text{отк}} \cdot R_{\text{нешт}} \cdot R_{\text{штат}}) \quad (15)$$

Анализ экспериментальных материалов и расчеты по выражению (15) показывают, что в настоящее время, большая часть систем водоочистки может реализовывать риски вероятностью 0,03. Расчет времени поступления неочищенной воды на выход системы составляет 2,5 - 3%.

Выводы.1. При частой смене концентрации на входе или при изменении активности рабочих процессов водоочистки, доля загрязненной воды при работе установки водоочистки в штатном режиме, может быть достаточно велика и превышать обычно принятую допустимую величину 1 - 2%, что связано с естественной инерционностью рабочих процессов.

2. Изменение концентрации воды в водоприемнике происходит значительно медленнее, чем на выходе собственно установки, при любом методе водоочистки. Результаты по изменению концентрации воды в водоприемнике, можно принять в качестве основы для расчета рисков, поскольку при увеличении объема водоприемника, существенно изменяются динамические характеристики всей системы водоочистки.

3. Исходя из результатов моделирования работы системы реагентной коагуляции видно, что при штатной работе системы, при достаточно частых изменениях концентрации на входе (что в большинстве случаев соответствует действительности) риск получения недоочищенной воды является значительным.

4. Для системы реагентной коагуляции при средней производительности 40 м³/ч, риск получения загрязненной воды на выходе системы составляет примерно 28242 м³/год, т.е. 0,08. Это значительная величина, которую необходимо учитывать для оценки экономических и социально-экологических рисков, поскольку она превышает 0,01 риска, что обычно допускается при работе.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кульский Л.А. Химия воды: Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод / Л.А. Кульский, В.Ф. Накорчевская. – К.: Вища школа, 1983. – 240 с.
2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Леонид Адольфович Кульский. – К.: Наукова думка, 1983. – 528 с.
3. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник / [Запольський А. К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І. М., Брик М.Т., Гвоздяк П. І., Князькова Т. В.]. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
4. Проников А.С. Надежность машин / Александр Сергеевич Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с., ил.
5. Урядникова І.В. Вопросы методики определения рисков в переходном и установившемся режиме электрокоагулятора: материалы XII семинара ["Моделирование в прикладных научных исследованиях"], (Одесса, 19-20 января 2004 г.) / Министерство образования и науки Украины. - Одесса. - 2005. - с. 33 - 35.
6. Ключев А. С. Автоматическое регулирование / Анатолий Степанович Ключев; изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1973. – 391 с.
7. Смирнов Д.Н. Автоматическое регулирование процессов очистки природных и сточных вод / Дмитрий Николаевич Смирнов. – М.: Стройиздат, 1985. – 312 с.
8. Сю Д. Современная теория автоматического управления и ее применение / Сю Д., Мейер А.; пер. с англ. под ред. д-ра техн. наук проф. Ю. И. Тончеева. – М.: Машиностроение, 1972. – 544 с.
9. Разработка комплексной безотходной технологии утилизации сточных вод ТЭЦ БКХЗ: Отчет о НИР / Северодонецкий технологический институт ВУГУ; № 83936937. – Северодонецк, 1993. – 200 с.
10. Урядникова І.В. Оптимальне управління ризиками на основі експериментальних і статистичних даних, отриманих при експлуатації систем водоочистки / Інга Вікторівна Урядникова. - Научно-технічний збірник «Енергосберегаючі технології в муніципальній і промисловій теплоенергетиці – 2006». – Одеса: ОНПУ, 2006. – С. 16 - 21.
11. Урядникова І.В. Деякі питання визначення ризиків під час роботи електрокоагуляційної системи очищення стічних вод ТЕЦ / І.В. Урядникова, В.Г. Лебедев. - Вісник НУ "Львівська політехніка". - Львів, 2005. - № 529. - С. 190 - 193.
12. Урядникова І.В. Оптимизация управления техногенным риском при водоподготовке в теплоэнергетике / Инга Викторовна Урядникова // Интегровані технології та енергозбереження. - Харьков, 2004. - № 4. - С. 53 - 59.
13. Урядникова І.В., Лебедев В.Г. Оптимизация режимов работы электрокоагуляционной установки для уменьшения риска работы теплогенерирующего оборудования / И.В. Урядникова, В.Г. Лебедев // Холодильна техніка і технологія. - Одеса, 2003. - № 5 (85). - С. 61 - 63.
14. Пат. 13933 Україна, МПК (2006) C02F 1/46. Спосіб оцінки ризику при експлуатації системи електрокоагуляційної очистки води / Урядникова І.В., Лебедев В.Г. - № у 2005 10865; Заявлено 17.11.2005; Опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.

УСТОЙЧИВОСТЬ САМОПОДЪЕМНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК (СПБУ) НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
emails: chens_mu1@mail.ru, sga.simf@gmail.com, xenia_a@rambler.ru*

Аннотация. Рассматриваются проблемы обеспечения устойчивости самоподъемных буровых установок на слабых, водонасыщенных грунтах. Показаны риски для сооружения и окружающей среды при их эксплуатации. Предлагаются мероприятия, снижающие риски для сооружений и окружающей среды.

Ключевые слова: углеводороды, сооружения, опорные конструкции, грунтовые условия.

Abstract. Stability problems jackup rigs on soft soils are considered. Risks to the environment and buildings at their operation shown. Activities that reduce the risks to the environment and buildings are proposed.

Key Words: hydrocarbons, buildings, support constructions, soil conditions.

Постановка проблемы. Проблемы обеспеченности энергоресурсами в настоящее время занимают абсолютное большинство стран в мире. Это относится не только к тем государствам, которые не имеют собственных запасов углеводородов, но и к тем, которые разрабатывают свои месторождения. В последние десятилетия ведется активное освоение углеводородных месторождений на шельфе морей, невзирая на то, что такая добыча обходится в 5-8 раз дороже, чем на суше. Уже в настоящее время морская добыча нефти и газа составляет примерно 30% от общей мировой.

Морская добыча нефти и газа во многом отличается от добычи на материковых месторождениях. Она имеет многочисленные особенности и сопутствующие проблемы, которые оказываются труднопреодолимыми. Сюда в первую очередь следует отнести глубину моря на месторождении, гидрогеологические и климатические условия, удаленность месторождения от материковой зоны и т.п.

Разведка и добыча углеводородов на морских месторождениях осуществляется с использованием специальных сооружений – морских платформ. Они могут быть стационарными или мобильными, т.е. использоваться многократно в различных регионах морского шельфа. Опасность использования этих сооружений при слабых грунтах основания повышается.

Анализ основных публикаций. К мобильным платформам относят самоподъемные буровые установки, позволяющие вести разведочные и добывающие работы не только в различных регионах, но и при различных глубинах моря (в настоящее время уже достигнута стометровая глубина). Это

сложные, дорогостоящие сооружения, стоимость которых достигает нескольких сотен миллионов долларов (рис.1).



Рис.1 – Общий вид самоподъемной буровой установки (СПБУ)

Такая платформа состоит из технологической палубы – понтона, который опирается на опорные ноги (чаще всего три или четыре), а нижние части опорных ног свободно опираются на грунт через башмаки (рис.2), равномерно передающие на грунт давление, достигающее 3000-5000 т и более. Площадь каждого башмака – 100-150 м² [1].

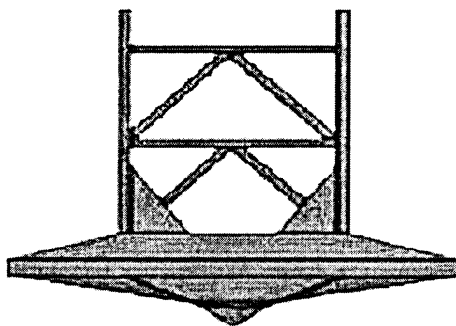


Рис.2 – Опорный башмак ноги

На время транспортировки опорные ноги платформы находятся выше палубы. При установке на точку понтон ориентируют по сторонам света в соответствии с проектом. Затем при помощи спуско-подъемных узлов опорные ноги опускают до соприкосновения с донным грунтом и заглубляют в него.

После этого палуба-понтон поднимается вверх по ногам-опорам на заданную высоту выше уровня воды с таким условием, чтобы зазор между днищем понтона и уровнем воды мог обеспечить прохождение штормовой волны обеспеченностью 1% и имел при этом запас 1 м. Затем начинаются технологические процессы.

Исследования и рекомендации. Основная проблема при эксплуатации такого сооружения – обеспечить его надежность при всех видах силовых воздействий (штормовые волны, ветер, навал судов, сейсмические проявления, оползни и т.п.). Для этого необходимо, чтобы опорные ноги обладали заданной устойчивостью, а опорные конструкции ног обеспечивали вертикальную и горизонтальную несмещаемость, поскольку несоблюдение этого условия может привести к опрокидыванию сооружения, а, следовательно, к человеческим жертвам и экологической катастрофе. [2]

Что грозит при потере устойчивости СПБУ? Если устойчивость опорных ног можно обеспечить за счет конструктивных мероприятий [3], то поведение опорной части в зоне опирания ноги на грунт иногда очень трудно представить, и оценить влияние на надежность сооружения достаточно сложно, особенно при слабых подстилающих слоях грунта.

У опорной части ноги могут произойти размыв грунта в результате подводных течений и штормовых воздействий, просадка опорной части в результате недостаточной прочности грунта морского дна и т.д. Однако зная поведение конкретного грунта при его нагружении, особенно в состоянии сильного водонасыщения, можно прогнозировать последствия, которые произойдут во время эксплуатации сооружения [4].

Водонасыщение слабых грунтов – илов, песков, супесей и др. – резко снижает их механическую прочность. При значительных нагрузках, особенно динамического характера, наблюдаются просадки грунта. Тому имеется много примеров [5, 6].

Известно, что даже на илистые грунты можно опирать сооружения, если гарантировать, что при самых экстремальных силовых воздействиях их несущая способность будет обеспечена. На рис.3. представлен график деформативности илистых грунтов при их загрузении [7]. При нагружении грунта до определенного предела $P_{пред}$ он работает упруго, но по мере увеличения порового давления воды он начинает разжижаться, и его деформации при нагружении резко возрастают, что приводит к просадке опоры. В процессе разжижения грунта, помимо степени его водопроницаемости, большую роль играют размеры опирания сооружения, размеры грунтовых слоев основания, фильтрационная способность грунтовых слоев. При отводе воды уровень напряжений в грунте, определяющий начало разжижения, может быть повышен. Отвод воды непосредственно влияет на повышение степени устойчивости таких сооружений, как морские гравитационные платформы, опорные конструкции самоподъемных буровых установок и др.

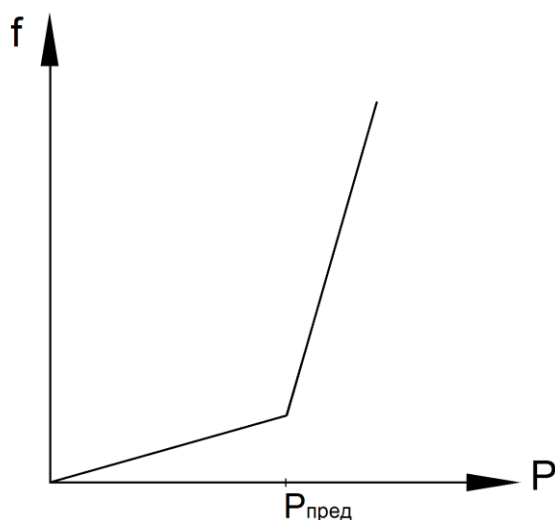


Рис.3 – График деформаций обводненных грунтов:
 f – осадка грунта, P – нагрузка, $P_{пред}$ – предельная несущая способность грунта

Лабораторные и натурные исследования грунтовых условий для Северного моря, проведенные специалистами ФРГ [8], показали, что при уменьшении порового давления воды в грунте в основании сооружения значительно повышается устойчивость, снижается вероятность разжижения грунта, обеспечивается надежность работы объекта в заданный период эксплуатации.

За счет отвода воды из грунтовой массы под сооружением его коэффициент устойчивости может быть повышен на 15-25%, а при определенных условиях и до 50%. Это указывает на то направление, разработка которого конструкторами будет обеспечивать морским сооружениям повышенную устойчивость на слабых, обводненных грунтах.

Перспективы дальнейших исследований. Учитывая вышеизложенное, на кафедре МиСС НАПКС разработаны конструктивные решения опорных башмаков ног самоподъемных платформ, обеспечивающие повышенную устойчивость сооружения на слабых, обводненных грунтах за счет отвода поровой воды из зоны опирания и вакуумного присоса к грунту [9]. Эффект отвода грунтовых вод из-под опорных башмаков можно повысить, если предусмотреть дренажные трубы длиной 1-1,5 м с отверстиями в стенке трубы диаметром 1,5-3 мм. Эти трубы должны быть вварены в отверстия опорных плит башмака.

При снятии СПБУ для установки в другое место необходимо отключить вакуумное устройство.

При эксплуатации СПБУ необходим постоянный мониторинг состояния грунта у опор (не реже раза в неделю). При обнаружении подмыва опорных колонн проводят работы согласно разработанным мероприятиям.

Выводы. 1. Морская добыча углеводородов на морских месторождениях в настоящее время составляет приблизительно 30% от общей добычи.

2. Наиболее часто разведка, а иногда и добыча углеводородов на шельфе морей осуществляется при помощи самоподъемных буровых установок.

3. Опасность использования этих сооружений при слабых грунтах основания повышается.

4. Предлагаемое конструктивное решение опорных конструкций СПБУ позволяет снизить аварийность этих сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясюк, В.Н. Самоподъемные плавучие буровые установки [Текст] /В.Н. Ясюк, Б.Р. Лившиц, В.Г. Витрик, Р.С.Яремийчук. – Львов, 2011. – 436 с.

2. Чемодуров, В.Т. Мониторинг окружающей среды при разработке морских месторождений углеводородов [Текст] / В.Т. Чемодуров, К.С. Пшеничная-Ажермачёва // Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов. Вып.49. –2014. - с.116-120.

3. Патент №83341 Украина. Плавуча платформа. Опубл. 10.09.2013. Бюл.№17.

4. Гир, Дж. Зыбкая твердь [Текст] /Дж. Гир, Х. Шах. - М.: Мир. Пер. с англ. – 1988. – 230 с.

5. Медведева Е.С. Влияние некоторых факторов на силу проявления газлийских землетрясений [Текст] / Е.С. Медведева. - Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. Серия 14. Вып.8. 1985. – с.27-33.

6. Rosenblauth E. The Mexican earthquake: a first-hand report [Текст] // Civil Engineering. 1986. Vol.56, №1. – pp.38-40.

7. Цитович Н.А., Березанцев В.Г., Далматов В.И., Абелев М.Ю. Основания и фундаменты [Текст] / Н.А. Цитович, В.Г. Березанцев, В.И. Далматов, М.Ю. Абелев. – М.: «Высшая школа», 1970. – 384 с.

8. Jessberger H.I., Jordan P. Bodenmechanische Aspekte fur Standsicherheits betrachtung von Offshore [Текст] – Bauwerken “Bautechn”, 1980. – 181-184.

9. Senpere D., Auvergne G.A. Suction anchor piles – a proving alternative to driving or drilling [Текст] / 14th Ann. Offshore Technol. Conf. – Houston, Tex., 1982. V.1. Dallas, Tex. 1982. – pp.483-493.

ПРОЦЕССЫ ПСЕВДООЖИЖЕНИЯ В ТОПКАХ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Аннотация. Рассмотрены процессы псевдоожигения в топках с низкотемпературным кипящим слоем. В процессе псевдоожигения мелкий песок выполняет важные функции: аккумуляцию топлива в качестве среды, обеспечивающей псевдоожигение вместе с дутьевым воздухом и в качестве абразивной среды, обеспечивающей истирание частиц топлива. Генерация тепла в псевдоожигенном слое происходит столь эффективно, что процесс горения топлива идет при температуре на несколько сот градусов ниже, чем в традиционных котлах факельного или слоевого сжигания.

Ключевые слова: кипящий слой, инертная масса, частица топлива, песок.

Анотація. Розглянуто процеси псевдозрідження в топках з низкотемпературним киплячим шаром. В процесі псевдозрідження дрібний пісок виконує важливі функції: акумулювання палива в якості середовища, що забезпечує псевдозрідження разом з дутьовим повітрям і в якості абразивного середовища, що забезпечує стирання частинок палива. Генерация тепла в псевдозрідженому шарі відбувається настільки ефективно, що процес горіння палива йде при температурі на кілька сот градусів нижче, ніж в традиційних котлах факельного або шарового спалювання.

Ключові слова: киплячий шар, інертна маса, частка палива, пісок.

The processes of fluidization in furnaces with low-temperature fluidized bed. During fluidization, the fine sand performs important functions in the accumulation of fuel in an environment providing fluidization with air blow and, as abrasive medium providing attrition fuel particles. The generation of heat in the fluidized bed takes place so efficiently that the process of combustion takes place at a temperature of several hundred degrees lower than in conventional boilers, combustion flare or layers.

Key Words: fluidized bed, the inertial mass of the particle fuel, sand.

Введение. В последние годы технология сжигания в низкотемпературном кипящем слое вызывает нарастающий интерес из-за возможного использования низкосортных видов топлива с высокой долей негорючих веществ, большим содержанием влаги и низкой теплотворной способностью. В условиях реструктуризации и перехода к рыночным механизмам в энергетике приоритетными в развитии энергетической науки становятся направления, связанные со снижением себестоимости отпускаемой тепловой и электрической энергии. Сложная экономическая ситуация и отсутствие свободных финансовых ресурсов у генерирующих компаний вызывает необходимость изыскивать малозатратные методы модернизации и повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования.

Цель и постановка задачи. Повысить эффективность и экономичность работы котлоагрегатов при сжигании твердого топлива в топках с низкотемпературным кипящим слоем (НТКС).

Методика исследований. На частицу топлива и инертной массы, витающую в восходящем псевдооживленном газом с наполнителем потоке действует две силы: архимедова сила и сила, численно равная сопротивлению частицы кинетической энергии набегающего потока газов и псевдооживленных частиц.

Если принять, что частицы в псевдооживленном слое имеют шарообразную форму, то вес частицы в указанном слое будет равен:

$$F = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}})g = \frac{1}{6}\pi d^3(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}})g \quad (1)$$

где F – вес частицы, Н;

$\rho_{\text{ч}}$ - плотность частицы топлива, кг/м³;

$\rho_{\text{с}}$ - плотность частицы окружающего слоя, кг/м³;

d - диаметр частиц, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с².

С другой стороны, сопротивление частицы в набегающем потоке псевдооживленного слоя при относительно низких величинах скорости потока, имеющих место в топке с псевдооживленным слоем, подчиняется уравнению Стокса:

$$R = 3\pi\mu dW \quad (2)$$

где R - сопротивление, оказываемое частицей набегающему потоку, Н/м²; (кгм/с)

μ - динамическая вязкость Н·С/м²; (кг/м·с)

W - скорость потока, м/с.

Следует отметить, что указанное уравнение применимо к ламинарному движению частиц.

Если принять $\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{с}} = \Delta\rho$, то при равенстве сил в псевдооживленном слое:

$$\frac{1}{18}d^2\Delta\rho \cdot g = \mu_0 W_0 \quad (3)$$

При определении влияния характеристик псевдооживленного слоя частиц инертной массы и топлива можно исходить из следующих предпосылок. Верхняя граница псевдооживленного слоя определяет верхний фронт витания частиц определённого размера.

В восходящем потоке псевдооживленного слоя каждая частица топлива и инертной массы испытывает трение, в основном соседних частиц, так как вязкость окружающих продуктов горения топлива очень низкая. Естественно, что трение будет тем больше, чем больше концентрация частиц в потоке. Таким образом, увеличение концентрации частиц увеличивает кажущуюся динамическую вязкость потока.

Если принять псевдооживленный слой как вязкую жидкость, то кажущаяся вязкость жидкости для полидисперсного слоя частиц подчиняется следующему закону [1]:

$$\frac{\mu}{\mu_0} = (1 - C)^{-2,5} = \varepsilon^{-2,5} \quad (4)$$

где μ - кажущаяся динамическая вязкость, кг/м·с;

μ_0 - динамическая вязкость среды при большом разбавлении, кг/м·с

C - доля объема, занимаемая частицами;

ε - доля свободного объема (порозность слоя).

При заданном значении скорости потока верхняя граница витающих частиц в псевдооживленном слое стабилизируется в положении, соответствующему размеру частиц и их плотности.

Если принять, что объемная концентрация частиц в слое изменяется одинаково по всем трем направлениям, то скорость потока в псевдооживленном слое будет обратно пропорциональна доли свободного сечения $(1 - C)^{0,67} = \varepsilon^{0,67}$

$$W = \frac{W_0}{(1 - C)^{0,67}} = \frac{W_0}{\varepsilon^{0,67}} \quad (5)$$

где W - скорость потока в свободном сечении, между частицами топлива и инертного материала, м/с;

W_0 - скорость потока в свободном сечении, не занятом материалом, м/с

Подставляя значения " μ " из (4) и W из (5) в уравнение (1), получаем

$$\varepsilon = 1,21 \left(\frac{\mu_0 W_0}{\Delta \rho d^2} \right)^{0,316} \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует, что в псевдооживленном полидисперсном слое частиц происходит их распределение по высоте слоя в соответствии с изменением параметра $\Delta \rho d^2$. При увеличении скорости потока значение W и W_0 постепенно приближается один к другому и при ε равном 1 происходит вынос частиц с минимальным значением параметра $\Delta \rho d^2$.

В процессе псевдооживления мелкий песок выполняет три важных функции: аккумулярование топлива в качестве среды, обеспечивающей псевдооживление вместе с дутьевым воздухом и в качестве абразивной среды, обеспечивающей истирание частиц топлива.

Необходимо отметить, что в рассмотренном подходе существуют некоторые противоречия. При плотности рассматриваемого оживающей и теплопередающей среды – песка (2,6 кг/м³) больше плотности частиц топлива

(примерно $1,6 \text{ кг/м}^3$) значение $\Delta\rho$ необходимо принимать по модулю и для распределения частиц в псевдооживленном слое принимать значение $|\Delta\rho d^2|$

Несколько другой подход, рассматривающий псевдооживления частиц угля в воздушном потоке, принят в [2]. При этом учитывается действие трех сил:

сила тяжести: $F_T = mg$,

сила динамического давления:

$$F_D = \frac{\pi R^2 \cdot \rho_1 \cdot (U - V)^2}{2} \quad (7),$$

сила трения:

$$F_T = 6\pi R\mu(U - V)$$

где R – радиус частицы, м ;

ρ_1 - плотность воздуха, кг/м^3 ;

μ – коэффициент внутреннего трения воздуха, кг/мс ;

m – масса частицы, кг ;

U – скорость частицы относительно корпуса топки, м/с ;

V – скорость частицы относительно газового потока, м/с .

При псевдооживлении слоя вес частицы уравновешивается силами динамического давления и трения. При этом:

$$mg = \frac{\pi R^2 \cdot \rho_1 \cdot (U - V)^2}{2} + 6\pi R\mu(U - V) \quad (8)$$

Подставив в уравнение (8) значение $m = \frac{4}{3}\pi R^3\rho$ и решив его в отношении скорости частиц, получаем:

$$V = U \cdot 6 \frac{\mu}{\rho_1} R \left(\sqrt{\frac{1 + 2g\rho_1\rho}{27\mu^2 - 1}} \right) \quad (9)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м^3 .

Нетрудно убедиться, что в указанном подходе отсутствует учет влияния вязкостного трения частиц наполнителя (песка) и соседних частиц. Однако влияние этого параметра является определяющим, так как вязкость воздуха на несколько порядков ниже вязкости псевдооживленного слоя частиц.

При учете сил динамического давления каждая более крупная частица топлива в слое инертной загрузки испытывает также давление более мелких частиц песка в псевдооживленном слое.

При аккумуляции тепла большое значение имеет наличие фазового перехода в аккумулялирующей среде. Так, например, вода и лед обладают значительной аккумулялирующей емкостью. В результате этого отвод или подвод тепла не сказывается на изменении температуры двухфазной системы, при этом происходит изменение относительной доли фаз.

По аналогии с этим кварцевый песок, устойчиво существующий при температуре до 573°C в виде β – формы, переходит в α - форму при повышении температуры выше указанного значения с поглощением или

выделением теплоты 250 ккал/моль (17,42 мДж/кг) при переходе из одной формы в другую. При температуре $> 870^{\circ}\text{C}$ α - кварц переходит в устойчивую форму тридимит.

Таким образом, 1,68т песка запасает (аккумулирует) только в фазовом переходе количество тепла, которое выделяется при сжигании 1 т условного топлива (29,26 мДж/кг).

Область температур от 573 до $870\text{-}900^{\circ}\text{C}$ соответствует различному соотношению в кварцевом песке β и α форм.

Снижение подвода тепла в результате уменьшения количества сжигаемого топлива или уменьшения интенсивности горения (например, при уменьшении избытка воздуха) приводит к увеличению доли β - формы и отдаче тепла от песка, а увеличение подвода тепла способствует поглощению инертной массой тепла и увеличению в ней α - формы. Отсюда следует, что песок в псевдооживленном слое является не просто инертным материалом, а эффективным тепловым аккумулятором.

Истирающая способность кварцевого песка обеспечивает развитие поверхности горящих частиц угля и интенсификацию процесса горения в соответствии с законом Фика. Истирающую способность обычно оценивают по шкале МООСа, в которой существует 10 градаций по шкале твердости от 1 до 10: тальк < гипс < кальцит < флюорит < апатит < полевой шпат < кварц < топаз < корунд < алмаз. Материал в верхнем (правом) ряду «царапает»- истирает материал, который расположен слева. Так как каменный уголь различной степени метаморфизма расположен значительно левее (на несколько единиц ниже) по указанной шкале, то он подвергается истирающему воздействию при нахождении в псевдооживленном слое песка.

Сложность процессов поведения частиц топлива в слое обусловлена также тем, что каждая частица изменяет свою температуру и размеры по мере выгорания. Кроме того, при рециркуляции частиц происходит вынос более мелких частиц, как инертной массы, так и топлива.

Процесс сжигания в псевдооживленном слое состоит в следующем. В топку, на определенную высоту, заполненную тонким песком, через нижнее распределительное отверстие подается воздух. Он обеспечивает "кипение" и хаотичное переливание частиц песка. Затем витающие частицы песка нагреваются до температуры примерно 480°C за счет подачи вместе с воздухом природного газа и поджигают его.

После разогрева инертной массы до указанной температуры в слой подается твердое топливо, а подача природного газа прекращается, при горении твердого топлива температура слоя поддерживается $815\text{-}830^{\circ}\text{C}$.

Стадии процесса псевдооживления и горения частиц в псевдооживленном слое показаны на рис. 1.

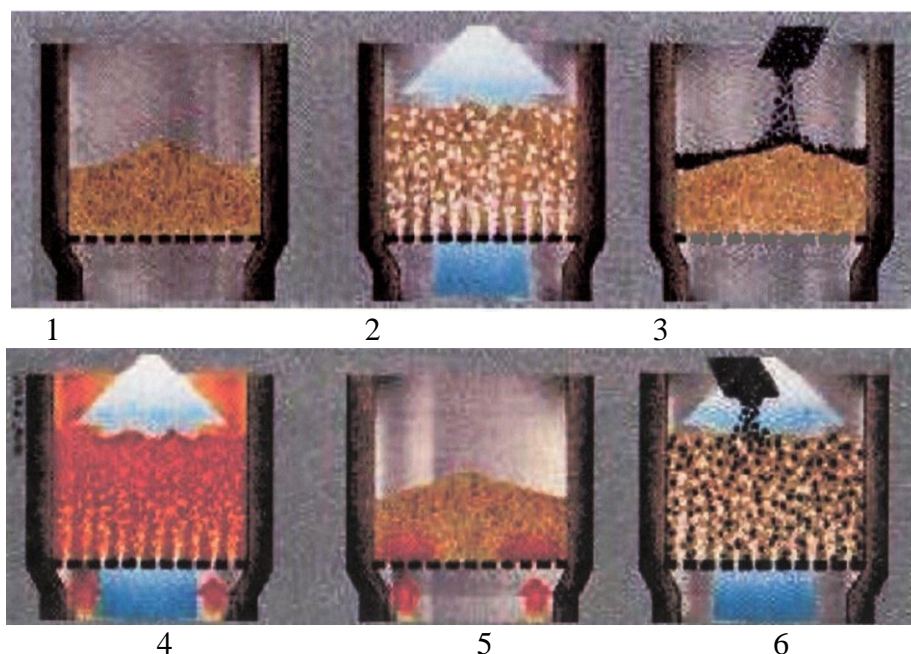


Рис. 1. Процесс псевдооживления частиц песка и угля

1 – Стадии процесса псевдооживления ("кипения") частиц песка при подаче воздуха под распределительную решетку с меньшей интенсивностью.

2 - Стадии процесса псевдооживления ("кипения") частиц песка при подаче воздуха под распределительную решетку с большей интенсивностью.

3 - Подача угольных частиц в верхнюю часть псевдооживленного слоя песка.

4 - Перемешивание частиц угля в слое песка.

5 - Процесс медленного разогрева псевдооживленного слоя.

6 - Процесс горения частиц угля в псевдооживленном слое.

Генерация тепла в псевдооживленном слое происходит столь эффективно, что процесс горения топлива идет при температуре на несколько сот градусов ниже, чем в традиционных котлах факельного или слоевого сжигания. Температура горящих частиц топлива превышает среднюю температуру слоя, чем выше температура слоя, тем меньше разница между температурой частиц топлива и средней температурой слоя.

Выводы. Можно сделать вывод, что сжигание твердого топлива в низкотемпературном кипящем слое при применении песка в качестве инертного материала позволяет наиболее эффективно и экономично использовать низкосортные угли и аккумулировать тепло. Данное решение позволит повысить КПД источников энергии, приведет к уменьшению затрат топлива и материальных ресурсов и улучшению качества энергоносителей, отпускаемых потребителю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lewitt E.H. «Hydraulic and the mechanics of fluids», London, 1955.
2. Кузнецов Г.Ф. «Исследование свойств кипящего слоя угольной дробленки». VI Minsk International Heat and Mass Transver Forum, MiF 2008, May 2008.
3. Высоцкий С.П. «О гидравлических характеристиках фильтрующего слоя». Теплоэнергетика № 1, 1980, с.49-51.
4. Roscoe I.C., Kwiatkowski A.R., Harrison D. «The Temperature of Coke Particles in Fluidized Combustor», Trans. Inst. Chem. Eng., 58, 1980, p.p. 69-72.
5. Khraisha Y. H. «Batch combustion of OSE Shail Particles in Fluidized Bed Reactor», Fuel Process. Technol., 86, 2005, p.p.691-706.
6. Komatina M., Manoxic V., Dakis D., « Experimental Study of Temperature of Burning Coal Particle in Fluidized Bed», Energy Fuels, 20, 2006, p.p.114-119.

ФАКТОРЫ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКЛАДОВ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ ЗАМЕНЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЗДАНИЙ ВЕРТОЛЕТОМ

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь
emails: v_shalennyj@mail.ru, grinyk-olga@rambler.ru*

Аннотация. Проведено сравнение моделей продолжительности выполнения работ при реконструкции кровли. Рассмотрены возможные варианты протекания технологического процесса монтажно-демонтажных работ по замене элементов покрытия промышленных зданий с использованием вертолета для установления целесообразных границ организации промежуточных складов конструкций.

Ключевые слова: строительство, реконструкция, замена плит покрытия, вертолет, склады конструкций, себестоимость.

FACTORS AND METHODS OF THE FEASIBILITY ASSESSMENT OF STORAGE BUFFERS ARRANGEMENT WITH THE PARTIAL REPLACEMENT OF SINGLE-STOREY INDUSTRIAL BUILDINGS' ROOF STRUCTURES BY A HELICOPTER

Abstract. The comparison of execution time models when reconstructing the roof is made. Possible variants of erection and demolition works' technological process on roof elements replacement of the industrial buildings by means of a helicopter to establish efficient boundaries of construction's storage buffer arrangement are considered.

Key Words: construction, reconstruction, replacement of roof slabs, helicopter, construction's storage buffers, cost.

При реконструкции кровли предприятий металлургической промышленности монтажно-демонтажные работы (МДР) достаточно сложно механизировать, что связано с показателями внешней и внутренней стесненности реконструируемого объекта [8, 13]. При этом работы по реконструкции на объекте рассредоточены и имеют небольшие объемы. Проведение МДР в условиях непрерывного производства и сложившегося генерального плана предприятия затрудняется и ограничивается применением возможных средств механизации. В местах плотной застройки и недоступных для подхода и установки традиционных грузоподъемных средств, реконструкцию действующих предприятий иногда возможно производить только вертолетами. В практике встречаются строительные площадки с настолько жесткими показателями внешней стесненности, что применение вертолетов для выполнения МДР является не только экономически целесообразным, но и единственно возможным способом.

В условиях постоянно возрастающих затрат на эксплуатацию этих машин, все актуальней становится проблема оценки целесообразной области эффективного использования вертолетной техники при реконструкции.

Проблемы повышения эффективности производства монтажно-демонтажных работ в условиях реконструкции отражены в таких фундаментальных работах, как справочник «Реконструкция промышленных предприятий» [13] под редакцией В.Д. Топчия. Дальнейшее развитие этой теории, применительно к вертолетному монтажу, получило в трудах известных ученых: Белякова Ю.И., Снежко А.П. [2], Гончаренко Д.Ф. и Торкатюка В.И. [6], Давыдова В.А. [8], Несеври П.И. [9], Березюка А.Н., Шаленного В.Т. и Дикарева К.Б. [12], Шагина А.Л. и Бондаренко Ю.В. [14]. Большой вклад в продвижение вертолетных технологий внесла научно-исследовательская вертолетная фирма «Аэроспецмонтаж» во главе с директором Козловским Л.К. [15]. Также в разработку современных методов выполнения монтажно-демонтажных работ (МДР) с использованием вертолета внесли известные российские ученые, такие как Козловский В.Б., Паршенцев С.А., Ефимов В.В. [10], Барон Р.И. [1]. Работы этих специалистов и коллективов направлены на поиск новых конструктивных решений по созданию технических средств и технологий для проведения работ с использованием вертолетов.

Однако в выше перечисленных работах практически не рассматриваются вопросы по определению области эффективного применения вертолетов на строительномонтажных работах и рационального размещения рабочих площадок.

Ранее нами было показано, что для сокращения производственного цикла по замене плит покрытия, следует сократить время перелетов между площадками путем сокращения расстояния между ними или их объединением [5]. Там впервые проведено сравнение предложенных временных моделей продолжительности выполнения МДР при различных условиях расположения грузовой, складской и посадочной площадок, при этом посадочная площадка оборудована средствами заправки в обоих случаях.

В развитие упомянутой работы, а также на основе выше представленного анализа и производственного опыта проектирования технологических процессов, полученного в фирме «Аэроспецмонтаж», в 1996 – 2003 годах, разработана графическая модель возможных вариантов протекания технологического процесса МДР по замене элементов покрытия промышленных зданий с использованием вертолета (рис. 1). Из представленной там графической модели можно выделить два основных варианта размещения складов. Каждый из вариантов имеет свою рациональную область, которая, прежде всего, зависит от показателя полной или частичной внешней стесненности строительной площадки.

В условиях полной стесненности ($k = 0$), монтажные конструкции подаются с базисного склада на промежуточные склады. Промежуточный склад может быть представлен в виде (3.1, 3.2): открытой наземной площадки для монтажных элементов; железнодорожной платформы или автотранспорта с технологической эстакадой; совмещенного склада для монтажных и демонтированных элементов покрытия; склада для демонтированных элементов покрытия. При организации технологического процесса в условиях

полной стесненности строительной площадки транспортным и монтажным средством конструкций является только вертолет.

При частичной стесненности ($k > 0$), целесообразно создание приобъектного склада (3.2), по возможности, вдоль реконструируемого здания. Это позволит избежать временных затрат на транспортировку монтажных элементов покрытия. Однако в этом случае возникает проблема с подцепкой конструкций вертолетом в режиме висения: из-за отбрасываемого несущим винтом потока воздуха вниз, в воздух могут быть подняты предметы, находящиеся в зоне монтажа, что в свою очередь может привести к аварийной ситуации. Следовательно, подачу монтажных элементов под монтаж с приобъектного склада осуществляют с предварительной разгрузкой на кровли, мобильным монтажным средством. Дальнейший технологический процесс по замене плит покрытия производится вертолетом. Для складов демонтированных конструкций обеспечивают открытый подход с воздуха.

Однако организация перечисленных складов сопряжена с определенными дополнительными затратами, а поэтому эффективность их устройства можно оценить только по сумме всех составляющих себестоимости монтажно-демонтажного процесса.

Кроме рационального размещения складских площадок, есть и другие факторы, влияющие на качество и продолжительность выполнения МДР (рис.2). Важнейшим из них является планирование и организация работ еще на стадии разработки проекта организации строительства (ПОС).

Важную роль играет и профессиональная подготовка экипажа и наземных бригад для выполнения МДР, а так же их взаимодействие. Работу вертолета могут усложнять и метеорологические условия: скорость и направление ветра; перемещение воздушных масс; осадки; облачность; влажность и температура воздуха. При выполнении монтажных работ на объекте реконструкции также следует учесть загазованность и задымляемость воздуха на момент выполнения работ. Выше перечисленные факторы влияют на выбор оптимального метода пилотирования. При выполнении МДР можно выделить три основных метода пилотирования: косвенный, прямой и комбинированный методы. При косвенном методе команды пилоту по управлению вертолетом, во время монтажа, подает бортоператор или наземный руководитель работ. Эффективность монтажных работ зависит от визуальной связи пилота с выбранным ориентиром и четких команд бортоператора. Прямым методом пилотирование осуществляется путем визуального контроля пилотом положения конструкции относительно объекта. Наиболее эффективным методом пилотирования является комбинированный, он совмещает в себе предыдущие методы. Применение метода возможно на модифицированных или специализированных типах вертолетов с дополнительной кабиной. Такая кабина была разработана коллективом авторов: Козловским Л.К., Сумовским А.Н. и др. Дополнительная кабина оснащена автоматическим и ручным управлением, что упрощает работу пилота и значительно сокращает время МДР.

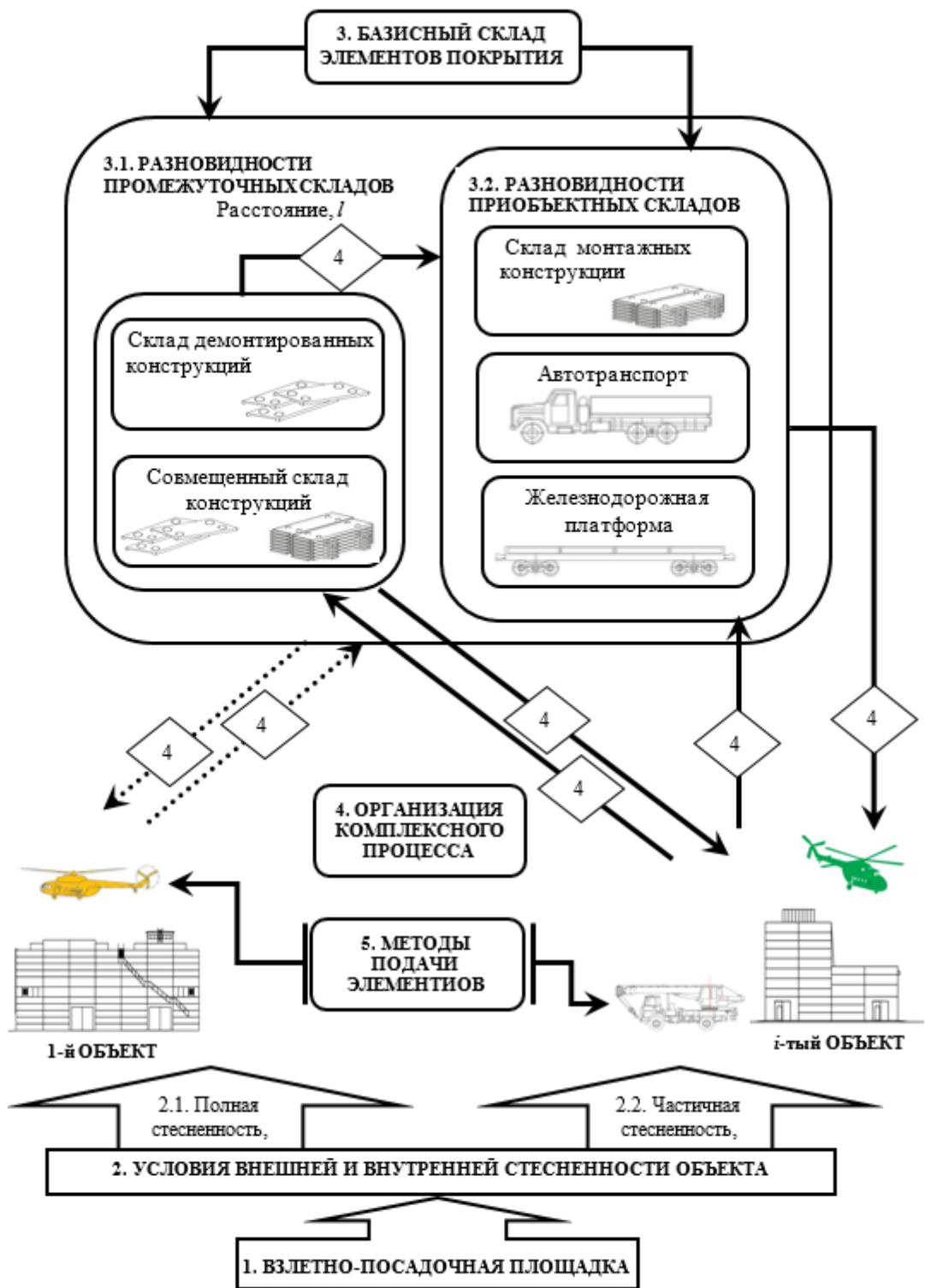


Рисунок 1 - Графическая модель отбора возможных вариантов протекания технологического процесса МДР по замене элементов покрытия промышленных зданий с использованием вертолета



Рисунок 2 – Основные факторы влияния на продолжительность выполнения монтажно-демонтажных работ вертолетом

На длительность МДР влияет и длина подвески, которая в свою очередь зависит от всевозможных препятствий расположенных на траектории полета вертолета, воздушной струи несущего винта вертолета и конфигурации зданий по высоте. В связи с тем что время вертолетного монтажа ограничено, особое внимание следует уделить способам наводки конструкции. Наводку конструкций можно осуществлять свободным и ограниченно-свободным способами. Осуществить быструю наводку и установку конструкций возможно за счет ловителей и монтажной оснастки.

Для сокращения времени строповки элементы покрытия заранее оснащаются стропами и оттяжками. Строповка груза зависит от геометрических и массовых параметров. Возможно выполнение строповки конструкций двумя способами: при конечной или изменяющейся длине внешней подвески. В случае реконструкции кровли вертолет зависает над грузом с выпущенной внешней подвеской, с заранее скомплектованной в конечную длину и монтажники соединяют нижние узлы подвески со стропами, закрепленными за конструкцию. Строповка конструкций при демонтаже плит покрытия, как правило, осуществляется за монтажные петли, за отверстия в теле плиты или в обхват за балочки.

Расстроповку конструкции можно производить тремя способами: дистанционно, с помощью электрозамков, расположенных в нижних узлах подвески; опусканием вручную бортоператором всей внешней подвески на фале; путем отсоединения строповочных канатов от конструкции монтажниками.

При учете всей совокупности выше приведенных факторов в значительной мере можно сократить время МДР, избежать аварийных ситуаций и снизить стоимость выполнения работ.

Для анализа продолжительности выполнения работ по реконструкции кровли, при различном размещении промежуточных складов, была разработана методика моделирования монтажно-демонтажных процессов. Модели

указанных процессов были построены с использованием программного комплекса Microsoft Project, как показано на рис. 3.

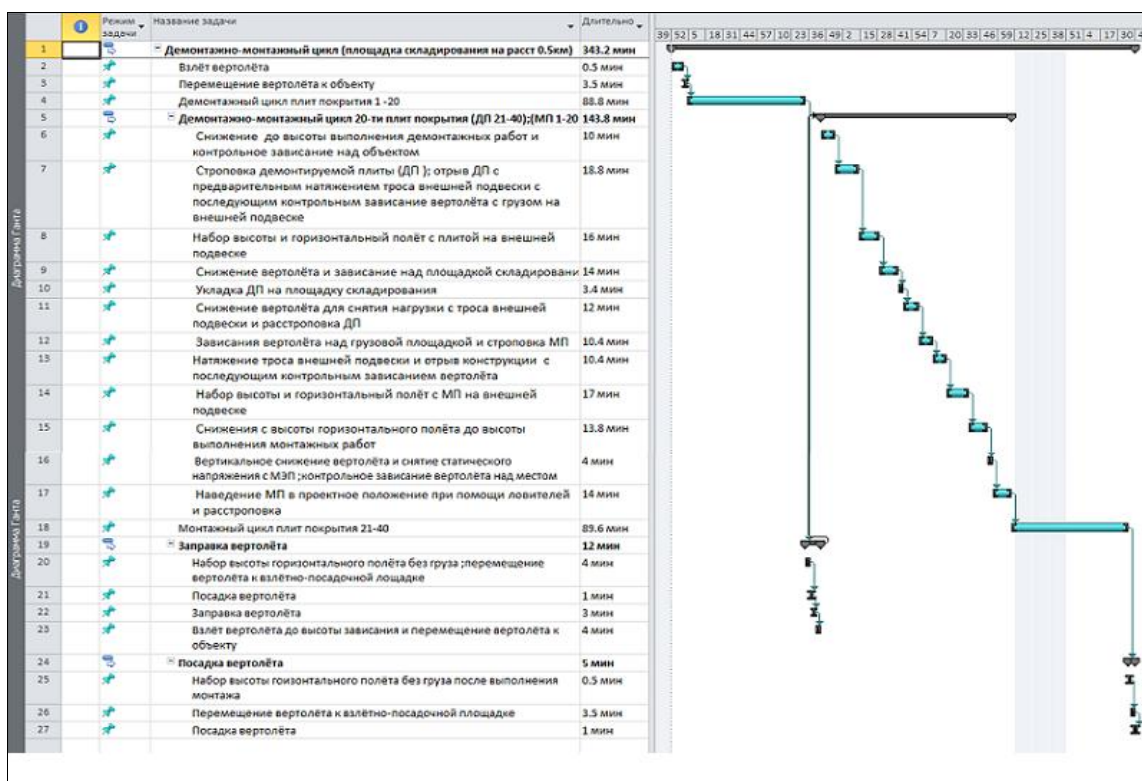


Рисунок 3 - Фрагмент модели МДР с совмещенными площадками

Анализ результатов моделирования показал, что большую часть времени, от общей продолжительности МДР, занимает перелет между грузовыми и складскими площадками. В связи с этим, большое значение приобретает оптимизация организации работ с использованием вертолета, которая зависит и от рационального размещения грузовых и посадочных площадок.

В данном случае, общие суммарные затраты на МДР по замене плит покрытия, как функцию цели, можно представить в виде

$$C = CЦ + ЭМ + ЭО + ОП + ТП + ТК, \quad (1)$$

где $CЦ$ – стоимость технологического цикла

$$CЦ = P_{ц} \times C_{л.ч.}, \quad (2)$$

где $P_{ц}$ - продолжительность технологического цикла;

$C_{л.ч.}$ - стоимость летного часа вертолета;

ЭМ – расходы на эксплуатацию дополнительного мобильного монтажного средства (крана) включают единовременные и текущие: затраты на топливо; доставку машин на строительную площадку; монтаж и демонтаж;

ЭО – расходы на эксплуатацию технологического оборудования включают: стоимость устройства и перестановки технологической эстакады;

ОП – затраты на устройство открытых площадок складирования;

ТП – затраты на эксплуатацию транспортных площадок (мобильные и ж/д средства) включают: топливо; аренду, стоимость разгрузочно-погрузочных работ;

ТК - расходы на транспортировку конструкций с базисного склада на приобъектный или промежуточный склады.

Пользуясь представленной формулой как основой методики выбора целесообразного варианта организации применения вертолета при монтажно-демонтажных работах на кровле промзданий, в дальнейшем можно определить как целесообразность и места расположения складских площадок, так и другие конструктивные и организационно-технологические усовершенствования, повышающие эффективность указанных работ.

Выводы и перспективы дальнейшего исследования.

1. Сокращение технологического цикла по замене плит покрытия достигается за счет целесообразного размещения складских площадок, как одного из проанализированных факторов, способствующих снижению общей стоимости вертолетного монтажа.
2. Предложена методика оценки эффективности работ по замене плит покрытия на основе комплексного учета всех затрат и факторов в суммарной себестоимости монтажно-демонтажного процесса.
3. Дальнейшие исследования на предложенных и апробированных моделях позволят разработать конкретные рекомендации по рациональной технологии производства реконструкционных работ с учетом факторов, определяющих их условия и эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барон Р.М., Макаров К.Н. Производство монтажных работ с помощью вертолетов. - М.: Стройиздат, 1984. – 124 с.
2. Беляков Ю.И., Снежко А.П. Реконструкция промышленных предприятий. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1988. – 256 с.
3. Балакчина О. Л. О целесообразности совершенствования монтажно-демонтажных работ с применением вертолетов// Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. - Симферополь: НАПКС, 2011. - Вып. 38. - С. 29-32.
4. Балакчина О. Л. Структурно-логическая схема организации монтажно-демонтажных работ с использованием вертолета при реконструкции покрытия промышленных зданий // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. - Симферополь: НАПКС, 2012. - Вып. 42. - С. 58-63.
5. Балакчина О. Л. Временная модель производственного цикла монтажно-демонтажных работ при замене конструкций кровли вертолетом // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. - Симферополь: НАПКС, 2013. - Вып. 45. - С. 90-96.
6. Гончаренко Д.Ф., Торкатюк В.И., Кобзев И.М. и др. Реконструкция промышленного здания с использованием вертолета МИ-10К //Промышленное строительство. 1984. №8. с.40-41.
7. Громов Н.Н., Мухордых Е.В., Овруцкий Е.А. и др. Экономика воздушного транспорта. М., «Транспорт», 1971, 246с.
8. Давыдов В.А. и др. Монтаж конструкций реконструируемых промышленных предприятий / В.А. Давыдов, А.Я. Конторчик, В.А. Шевченко. – М.: Стройиздат, 1987. – 208 с.
9. Несевря П.И. «Обоснование выбора метода замены плит покрытия при реконструкции одноэтажных промышленных зданий»: Дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1991. – 125 с
10. Козловский В.Б., Паршенцев С.А., Ефимов В.В. Вертолет с грузом на внешней подвеске. Научное издание. – М.: Машиностроение – Полет, 2008. – 304 с.
11. Обоснование и выбор экономически эффективной организации применения вертолетов на строительномонтажных работах. - Краснодар: ГНИИГА, 1987. – 20 с.
12. Реконструкція промислових та цивільних будівель. Навчальний посібник / А.М. Березюк, В.Т. Шаленний, К.Б. Дікарев, О.О. Кириченко. ПДАБА, 2010. – м. Дніпропетровськ, ТОВ «ЕНЕМ», 2010. – 184 с.
13. Реконструкция промышленных предприятий. В 2т. Т2 / В.Д. Топчий, Р.А. Гребенник, В.Г. Клименко и др.; Под ред. В.Д. Топчия, Р.А. Гребенника. – М.: Стройиздат, 1990. – 623 с. – (Справочник строителя).
14. Реконструкция зданий сооружений / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко, В.Б. Гончаров: Под ред. А.Л. Шагина: Учеб. пособие для строит. спец. вузов. – М.: Высш. школа, 1991. – 352 с.
15. Скоков А.М., Козловский Л.Н., Гринюк О.Л. Опыт использования вертолета Ми-8мт для монтажа и демонтажа плит покрытия //Будівництво України, 1998, №1, С.31-32.

**РАСЧЕТ ТОНКОСТЕННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С
УГЛУБЛЕНИЯМИ НА БАЗЕ ТРЕХМЕРНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Институт Механики и Машиностроения Казанский Научный Центр РАН, Россия, Казань
yzsrr@kfti.knc.ru,

**Казанский государственный архитектурный-строительный университет, Россия, Казань
Nakim@ksaba.ru,

Аннотация: В работе представлен разработанный трехмерный сплайновый вариант метода конечных элементов, позволяющей с достаточной степенью точности определять напряженно-деформированное состояние оболочек в области стыка оболочек, зоны приложения сосредоточенных нагрузок и точечного крепления тонкостенных конструкций, а также дефектных областей типа трещин и локальных углублений. Данный подход позволяет получать пространственно искривленные согласованные трехмерные конечные элементы и производить расчет напряженно-деформированного состояния, как трехмерных массивных элементов, так и тонкостенных элементов конструкций. В работе также рассмотрен расчет элементов тонкостенных конструкций, заданных в сферической системе координат используя трехмерные конечные элементы.

Abstract: The worked out three-dimensional spline variant of method of finite elements is in-process presented, the tensely-deformed state of shells will be defined allowing with a sufficient degree exactness in area of joint of shells, zone of appendix of point loads and point fastening of the thin-walled constructions, and also imperfect areas of type of cracks and local deepening. This approach allows to get the spatially distorted concerted three-dimensional finite elements and produce the calculation of the tensely-deformed state, both three-dimensional massive elements and thin-walled elements of constructions. The calculation of elements of the thin-walled constructions set in the spherical system of coordinates using three-dimensional eventual elements is also considered in-process.

Ключевые слова: Метод конечных элементов, напряжено деформированное состояние, оболочки

Keywords: Method of finite elements, the deformed state, shells, is tense

При проектировании строительных тонкостенных конструкций идет процесс синтеза формы будущей конструкций и материала, из которого она будет изготовлена. Для обеспечения безопасной работы конструкций и сооружений необходимо совершенствовать каждый этап его создания: создание материала, технологии, проекта и т.д. Особую роль в этой цепочке играет возможности оценки прочности и надежности элементов конструкций и объектов исследования. Наличие различных локальных утонений в элементах конструкций приводит к концентрации напряжений в этой области, что является предвестником разрушения.

Развитие современных методов расчета и рост возможностей вычислительной техники позволяет уточнять расчетные схемы – переходить от одномерных расчетных схем к двумерным схемам, а от двумерных расчетных схем к трехмерным схемам. Все это позволяет более точно оценивать напряженно - деформированное состояние конструкций и сооружений, в частности, с учетом различных изменений толщины стенки.

Ранее изложен эффективный метод расчета тонкостенных оболочечных конструкций, имеющих сложную геометрию – сплайновый вариант метода конечных элементов. Используя гипотезу Кирхгоффа - Лява, задача

определения напряженно-деформированного состояния (НДС) сводится к двумерной задаче. Метод, благодаря синтезу идеи параметризации и метода конечных элементов (МКЭ) с бикубической аппроксимацией искомых переменных в пределах каждого элемента, позволяет получать пространственные искривленные согласованные двумерные конечные элементы. Однако метод не позволяет с достаточной степенью точности определять напряженно - деформированное состояние элементов конструкций в области локальных углублений и дефектов.

В связи с этим разработана методика определения напряженно-деформированного состояния на базе объемных (трехмерных) элементов является актуальной задачей. Естественно, трехмерные элементы необходимы и для анализа НДС трехмерных элементов конструкций со сложной геометрией, а также для анализа НДС области пересечения оболочек, зон приложения сосредоточенных нагрузок и точечного крепления и т.д., в которых оболочечные элементы не эффективны, или не применимы.

В работе [1] изложен сплайновый вариант метода конечных элементов (СВ МКЭ-3) для расчета НДС элементов конструкций сложной геометрии, заданных в декартовой системе координат в трехмерной постановке.

В статьях [2-3] описано развитие СВ МКЭ-3 для расчета в трехмерной постановке элементов конструкций сложной геометрии, заданных в цилиндрической системе координат.

В работах [4-5] рассматриваются вопросы расчета тонкостенной сферической оболочки трехмерными элементами СВ МКЭ-3, заданной в сферической системе координат.

Рассматриваемый трехмерный объект сложной геометрии, занимаемый объем V , задается криволинейными координатами t^1, t^2, t^3 единичного куба V_Φ таким образом, чтобы прямоугольной сетке в области V_Φ соответствовала криволинейная пространственная сетка V :

$$\begin{aligned} \bar{r}(t^1, t^2, t^3) &= \rho(t^1, t^2, t^3) \cdot \bar{e}_m(t^1, t^2, t^3) \\ \bar{e}_m(t^1, t^2, t^3) &= \bar{e}_1 \cdot \cos \theta(t^1, t^2, t^3) + \bar{k} \cdot \sin \theta(t^1, t^2, t^3), \\ \bar{e}_1(t^1, t^2, t^3) &= \cos \varphi(t^1, t^2, t^3) \cdot \bar{i} + \sin \varphi(t^1, t^2, t^3) \cdot \bar{j}. \end{aligned}$$

Геометрические соотношения представляются в виде :

$$\varepsilon_{ik} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_j}{\partial t^i} + \frac{\partial u_i}{\partial t^j} \right) - \Gamma_{ij}^k u_k \quad (i, j, k = 1, 2, 3) \text{ где } \varepsilon_{ik}, u_i - \text{ковариантные компоненты}$$

тензора деформации и вектора переменных; Γ_{ij}^k – символы Кристоффеля.

В качестве физических соотношений используются, в частности, соотношения для однородного изотропного тела: $\sigma^{ij} = f(\varepsilon^{ij})$, где $\sigma^{ij}, \varepsilon^{ij}$ – компоненты тензора напряжений и деформации.

Рассматриваемая область единичного куба V_Φ разбивается на конечные элементы и решение u, v и w в каждом из них представляется в виде интерполяционного эрмитового кубического сплайна трех переменных [1-5]:

$$\begin{aligned}
u &= [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_U, \\
v &= [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_V, \\
w &= [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_W, \\
s^1 &= (t^1 - t_i^1)/h_i^1, s^2 = (t^2 - t_j^2)/h_j^2, s^3 = (t^3 - t_k^3)/h_k^3, h_i^1 = t^1 - t_i^1, h_j^2 = t^2 - t_j^2, h_k^3 = t^3 - t_k^3,
\end{aligned}$$

где ψ_1 , ψ_2 и ψ_3 – векторы координатных функций по трем соответствующим координатным линиям, F_U , F_V , F_W – трехмерные матрицы компонент искомого неизвестных u , v , w и его производных соответственно.

Разрешающие соотношения получаются из вариационного уравнения Лагранжа:

$$\delta \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 W \sqrt{g} dt^1 dt^2 dt^3 = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 \rho f^i \delta u_i \sqrt{g} dt^1 dt^2 dt^3 + \iint_S p^i \delta u_i dS,$$

где W – удельная потенциальная энергия деформации трехмерного тела; f^i , p^i – контравариантные компоненты вектора массовых и поверхностных сил; ρ – массовая плотность; g – определитель матрицы метрического тензора; S – поверхность боковых граней тела.

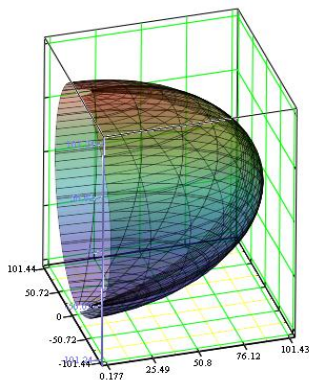
Из уравнения (8) получается система $24N$ алгебраических уравнений вида $[A] \{U\} = \{R\}$, где $[A]$ – симметричная матрица жесткости системы ленточной структуры, $\{U\}$ – вектор неизвестных, $\{R\}$ – вектор нагрузки, N – суммарное число узлов в рассматриваемом трехмерном объекте. Система уравнений решается методом Холесского.

Рассмотрена замкнутая тонкостенная сферическая оболочка с внутренним диаметром $D_{bn} = 200$ см, толщиной $h = 1,5$ см. В области полюсов имеются отверстия $d = 12,56$ см. Модуль упругости $E = 210000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$.

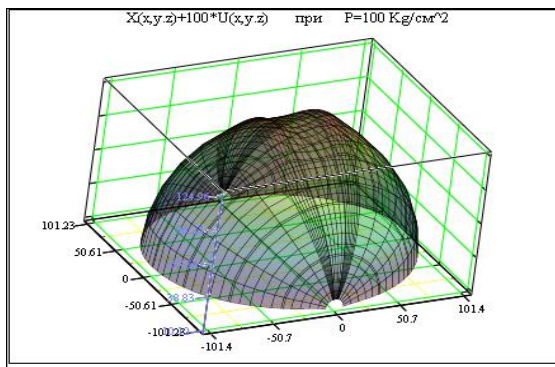
Оболочка разбита на 144 элемента: 2 элемента по толщине, 9 элементов по φ и 8 элементов по θ (всего 243 узлов). В расчетной модели два углубления образованы путем задания модуля упругости заданных элементов в экваториальной области на внешнем слое на 2 порядка ниже модуля упругости оболочки.

Координаты центров углублений $[-0,125\pi < \theta_1 = \theta_2 < +0,25\pi]$ и $[-0,25\pi < \varphi_1 < -0,1\pi]$ и $[-0,1\pi < \varphi_2 < -0,25\pi]$. Разбиение толщины оболочки: $t^1 = 0; 0,5; 1,5$ (при глубине дефекта 1 см). Разбиение по окружной координате: $t^2 = -\pi; -0,75\pi; -0,5\pi; -0,25\pi; -0,1\pi; 0,1\pi; 0,25\pi; 0,5\pi; 0,75\pi; \pi$. Разбиение по меридиональной координате $t^3 = -0,48\pi; -0,375\pi; -0,25\pi; -0,125\pi; 0; 0,125\pi; 0,25\pi; 0,375\pi; 0,48\pi$.

На рис.1 представлено распределение радиального перемещения в области углублений на глубине 0,01 см от внутреннего радиуса.



Половины расчетной сферы $t^1=0.01$



Вид половины сферы в деформированном состоянии. $t^1=0.01$

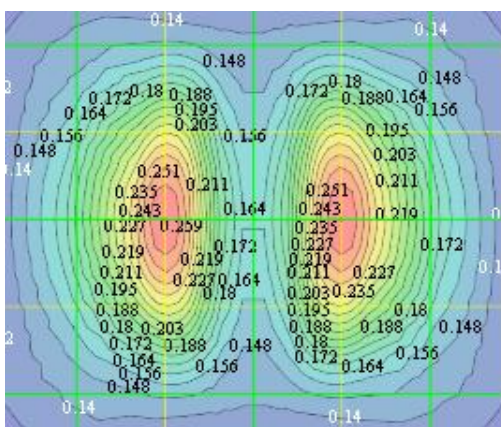


Рис.1 радиальное перемещение $t^1=0.01$

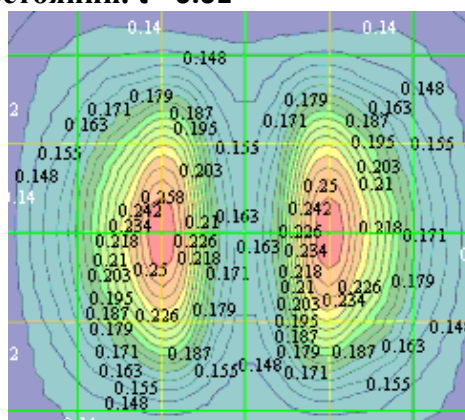


Рис.1 радиального перемещения $t^1=1.48$

Из рис.1 видно, что в области локальных утонений, как и следовало ожидать, наблюдается увеличение радиального перемещения (прогиба).

На рис.2 – 3 представлены распределения σ_{22} и σ_{33} соответственно в области дефекта на глубине 0,049 см от внутреннего радиуса.

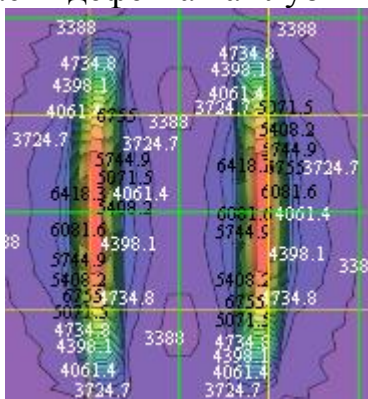


Рис 2. σ_{22} при $t^1=0.49$

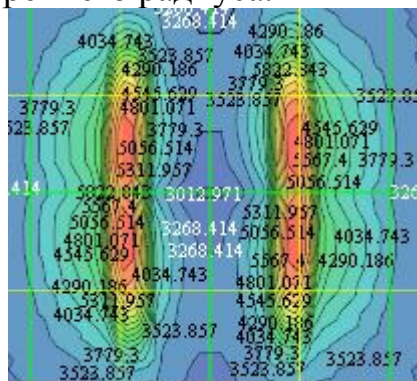


Рис 3. σ_{33} при $t^1=0.49$

На рис.4 – 5 представлены распределения σ_{22} и σ_{33} соответственно в области дефекта на глубине 1,48 см от внутреннего радиуса

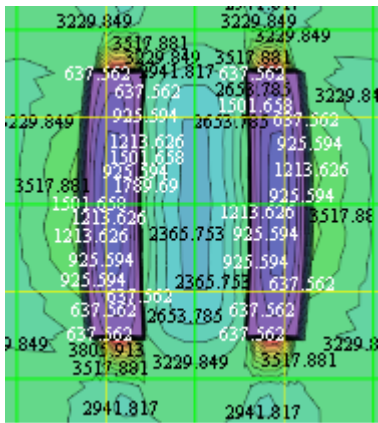


Рис 4. σ_{22} при $t^1=0.148$

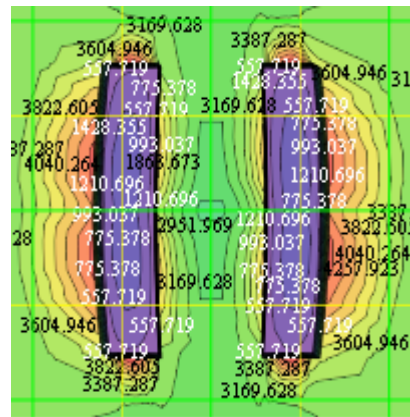


Рис 5. σ_{33} при $t^1=0.148$

Из рис.2 - 5 видно, что максимальные напряжения достигают: на глубине 0,049 см в центральной части непосредственно под углублением и достигают величин $\sigma_{33} = 735,5$ МПа и превышают уровень напряжений бездефектного варианта более 2,4 раза; на глубине 1,48 см в верхней и нижней частях углублений и достигают величин $\sigma_{33} = 477,5$ МПа и превышают уровень напряжений бездефектного варианта более 1,8 раза

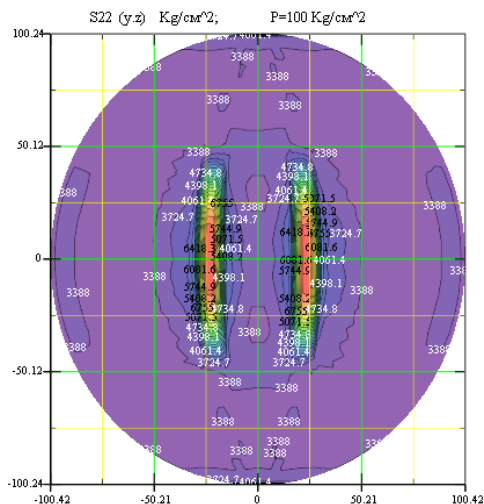


Рис 6. σ_{22} при $t^1=0.49$

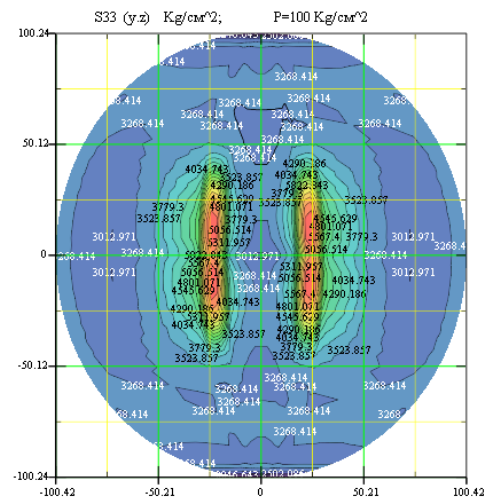


Рис 7. σ_{33} при $t^1=0.49$

На рис.6 - 9 приведены распределение НДС σ_{22} и σ_{33} , соответственно на поверхности сферической оболочки, на глубине 0,49 см, и 1,48 см от внутреннего радиуса.

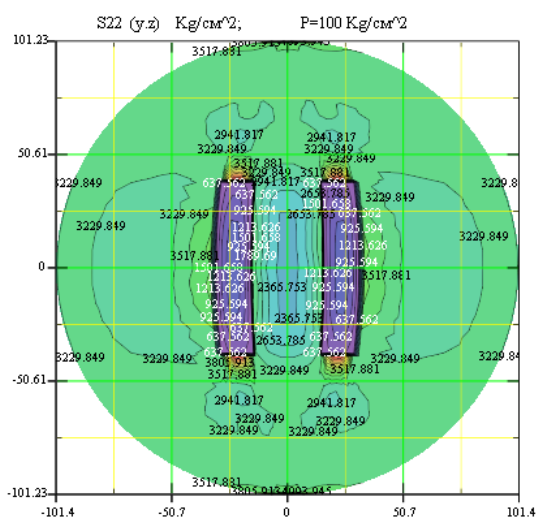


Рис 8. σ_{22} при $t^1=1.48$

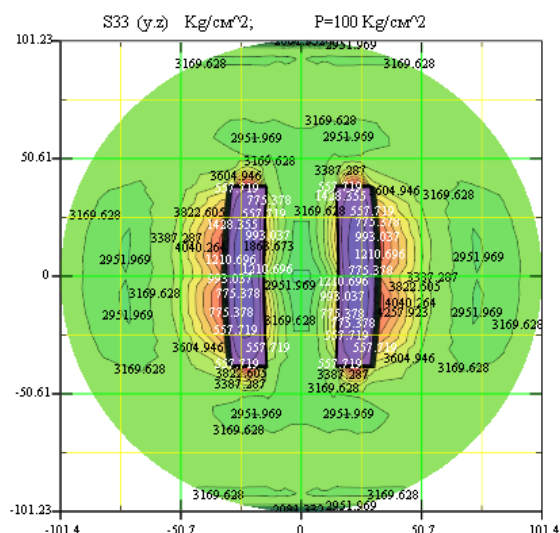


Рис 9. σ_{33} при $t^1=1.48$

Как видно из рис.6 и 9 концентрация напряжения возникает также в области отверстий у полюсов.

Заключение. На базе сплайнового варианта МКЭ выполнен расчет сферической оболочки с двумя углублениями на базе трехмерных конечных элементов; максимальные напряжения возникают на нижних слоях оболочки под вырезом, при этом они смещены от экватора.

Литература

1. Якупов Н.М., Киямов Х.Г., Якупов С.Н., Киямов И.Х. Моделирование элементов конструкций сложной геометрии трехмерными конечными элементами // *Механика композиционных материалов и конструкций*, 2011. №1. С.145-154.
2. Кантюков Р.А., Якупов Н.М., Тамеев И.М., Киямов Х.Г., Якупов С.Н., Кантюков Р.Р. Моделирование напряженно - деформированного состояния цилиндрического тела с локальным углублением трехмерными конечными элементами // *Наука и техника в газовой промышленности*. №12, 2012. С.15-24.
3. Кантюков Р.А., Якупов Н.М., Тамеев И.М., Киямов Х.Г., Якупов С.Н., Кантюков Р.Р. Концентрация напряжений в трубе с протяженным углублением // *Газовая промышленность*. №7, 2013. С.28-30.
4. Киямов Х.Г., Якупов Н.М., Якупов С.Н., Киямов И.Х. Расчет конструкций сложной геометрии, заданных в сферической системе координат // *Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-26: сб. трудов XXVI Междунар. науч. конф. Т.5. Секция 5. 27-30 мая 2013. Н.Н. Гос. Техн. Ун-т, 2013. Саратов, 2013. С.61-66.*
5. Якупов С.Н., Киямов И.Х. Анализ НДС сферических оболочек трехмерными элементами // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. №2, 2014. С.76-80.

СОДЕРЖАНИЕ

Сергейчук О.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ РАСЧЁТА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЦЕЗАЩИТЫ.....	5
Любомирский Н.В., Шаленный В.Т., Шуляк Е.Ю. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ ОТХОДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОКАРБОНАТА.....	10
Федоркин С.И., Сироджа И.Б., Когай Э.А. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНАХ НА КАРБОНАТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ, АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ.....	18
Авдоньев Е.Я. ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ – НАЧАЛО НАУКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА	25
Боровский Б.И., Кунский М.О. ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ МИКРОРАЙОНОВ	29
Браилов А. Ю. ГИПОТЕЗА О СООТВЕТСТВИИ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ АКСОНОМЕТРИИ ИЗДЕЛИЯ ОБЩЕМУ ПОДХОДУ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	34
Вереха Т.В. ТЕХНОГЕННЫЕ ШУМОВЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ	45
Возняк О.Т., Шаповал С.П., Пона О.М., Венгрин И.И. ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА РАБОТУ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА БЕЗ ПРОЗРАЧНОГО ПОКРЫТИЯ	49
Воскресенская С.Н., Бекиров Э.А. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ФАЦЕТНЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	53
Деревянко О.В., Королёв А.В., Погосов А.Ю. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО НОВЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АВАРИЙНОЙ ПОДПИТКИ ВОДОЙ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	61
Дьяков И.М. ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИВУЧЕСТИ МАССИВНЫХ БУТОБЕТОННЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ОСНОВАНИЯ	68

Zhelyh V.M., Dzeryn A.I., Furdas Y.V. COST-EFFECTIVENESS OF COMBINED HEATING AGRICULTURAL SYSTEMS.....	75
Зайцев О.Н., Дихтярь Т.В., Петрекевич Л.А., Домощей Т.Д. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНВЕКТИВНО- РАДИАЦИОННОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	79
Иваненко Т.А., Ветрова Н.М. ОЦЕНКА УРОВНЯ НАРУШЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ЗАСТРОЙКЕ ПРИБРЕЖНЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН.....	85
Калафатов Д.А. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ ДВУХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ.....	94
Климчук А.А. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ.....	100
Лукьянченко Д.М., Топорен С.С., Зайцев О.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВКАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ.....	104
Максименко А.Е., Резник М.Д. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦВЕТА И СВЕТА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ.....	111
Митрофанов С. В. К ВОПРОСУ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕТКИ СТРУКТУРНОЙ КОНСТРУКЦИИ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ КРУГЛОЙ ТРУБЫ.....	116
Митрофанов В.А., Моргунова М.А. ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИК РАСЧЕТА И ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕБЕР НА НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БАЗЫ КОЛОННЫ.....	122
Митрофанова С.А. ПРИМЕНЕНИЕ СОСТАВНОЙ КРИВОЙ В ПЛОСКИХ КОЛЛЕКТОРАХ С КОНЦЕНТРИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ.....	126
Михеева Ю.Л., Сергеева О.И., Алексеенко В.Н. ГИДРОЗАЩИТА ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ПЕТРОПАВЛОВСКОГО СОБОРА В Г. СИМФЕРОПОЛЕ.....	130
Педченко А.В., Педченко О.Д. СВЯЗЬ МЕЖДУ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫМИ РЕШЕНИЯМИ ЗДАНИЙ, МИКРОКЛИМАТОМ ПОМЕЩЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЕЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ.....	135

Рябова Е.А. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ПЕРЕГРЕВА И ЕГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	144
Сергеева А.Ю. К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В КРЫМУ.....	148
Синцов А.В., Синцов В.П. ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ СОСТАВНОЙ ДЕРЕВЯННОЙ БАЛКИ СО СТЕНКОЙ ИЗ ОРИЕНТИРОВАННОЙ СТРУЖЕЧНОЙ ПЛИТЫ.....	152
Урядникова И.В. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ТЕХНОЛОГИИ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ.....	159
Чемодуров В.Т., Ажермачёв С.Г., Пшеничная-Ажермачёва К.С. УСТОЙЧИВОСТЬ САМОПОДЪЕМНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК (СПБУ) НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ.....	167
Шайхед О.В. ПРОЦЕССЫ ПСЕВДООЖИЖЕНИЯ В ТОПКАХ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КИПЯЩИМ СЛОЕМ.....	172
Шаленный В.Т., Балакчина О.Л. ФАКТОРЫ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКЛАДОВ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ ЗАМЕНЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЗДАНИЙ ВЕРТОЛЕТОМ.....	178
Якупов Н.М., Ахмадиев Ф.Г., Киямов Х.Г. РАСЧЕТ ТОНКОСТЕННЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С УГЛУБЛЕНИЯМИ НА БАЗЕ ТРЕХМЕРНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	185

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 3,88. Тираж 300 экз. Зак. №.

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ФЛП Бражниковой Н.А.
95034, Республика Крым, Симферопольский р-н, пгт Гвардейское, ул. Н-Садовая, 22
тел. (0652) 70-63-31, 050-648-89-34.
E-mail: braznikov@mail.ru