

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

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

Техническая редакция:

Янушковский К.А.

Корректор:

Курочкина Т.Е.

Редакционный совет:

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

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

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

Руководители редакционных комиссий:

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

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

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

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

Члены редакционного совета:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Любомирский Н.В., д.т.н., проф., КФУ

им. В.И. Вернадского

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

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

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

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

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

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

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

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

Толстой М.Ю., к.т.н., доцент, ИРНТУ

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

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

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

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

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

Утвержден к печати согласно протокола заседания
ученого совета АСА ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
№ 6 от 06.06.2016.

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

©Академия строительства и
архитектуры

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Градостроительство	
Алещенко Е.Г., Сидорова В.В. Обзор европейских тенденций объемно-пространственной организации дошкольных учреждений	3
Деовец Р.В. Деконструктивизм в музеях современного искусства	9
Чемисов Н.Д. Солнцезащитные средства в архитектуре – путь к энергосбережению	13
Яковенко Н. Е. Концепция формирования системы пространственного развития г. Симферополя	16
Раздел 2. Строительные науки	
Елькина И.И. Утилизация шламовых продуктов Шархинского карьера в производстве строительных материалов	19
Кудлай Д. А. Оценка сейсмического воздействия на здание с сейсмоизоляцией	24
Любомирский Н.В., Федоркин С.И. Влияние давления углекислого газа на кинетику принудительной карбонизации известкового камня полусухого прессования и формирование его прочности	28
Лютов Л.В., Синцов В.П. Численное исследование работы двутавровых комбинированных балок с гофрированной стенкой	39
Морозов А.Д., Чередниченко И.А., Дембовский В.И. Анализ износа деталей и показателя качества запорного клапана пневмотранспортных комплексов	46
Чемодуров В., Ажермачёв С., Литвинова С., Пшеничная–Ажермачёва К., Литвинов К. Системный подход к мониторингу строительных объектов, работающих в сложных условиях эксплуатации	49
Чемодуров В.Т., Ажермачев С.Г., Пшеничная-Ажермачёва К.С. Использование новых конструктивных решений свай для повышения устойчивости морских стационарных платформ (МСП)	53
Раздел 3. Инженерное обеспечение	
Боровский Б.И. Гидродинамическая оптимизация конфузормого колеса центробежного насоса	56
Зайцев О.Н., Илаев Г.А., Атрощенко С.Ю. Программы расчета взаимодействующих закрученных потоков для управления аэродинамикой котлов малой мощности	61
Иванов А.В., Бекиров Э.А., Асанов М.М. Анализ влияния параметров напряжения сети на работу асинхронных машин	67
Крымов Р.С., Степанцова Н.А. Оптимизация энергопотребления на очистных водоповодных и канализационных станциях с применением учебного оборудования «Акватроник Фесто центр»	72
Николенко И.В., Рыжаков А.Н., Умаров Р. С. Повышение энергетической эффективности регулирования силовых агрегатов насосных станций систем водоснабжения	75
Оганесян Э.В., Бекиров Э.А., Асанов М.М. Математическая модель для определения параметров работы ветроэнергетической установки	82
Поднебесный С.В., Богатикова Н.П., Зайцев О.Н. Влияние на тепловой режим помещения инерционности ограждающих конструкций и отопительных приборов	87
Салиев Э. И., Штонда Ю. И., Штонда А. Ю., Шаляпин С. Н., Шаляпина Т.С., Пилявская А. В., Злобина А. Д. Использование альтернативных источников электроэнергии для энергоснабжения малых канализационных очистных сооружений в Республике Крым	92
Салиев Э. И., Злобина А. Д. Внедрение геоинформационной системы «Zulu» на предприятии сферы жилищно-коммунального хозяйства	97

Раздел 1. Градостроительство

УДК 747:373.24(0488)

ОБЗОР ЕВРОПЕЙСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Алещенко Е.Г.* , Сидорова В.В.**

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

*e-mail: kattia200007@rambler.ru; **e-mail: nucikBBC@yandex.ru;

Аннотация. Статья посвящена анализу европейских тенденций по объемно-пространственной организации дошкольных учреждений. Рассматриваются варианты разработки экстерьеров, интерьеров детских, игровых и спальных помещений. Выявлены индивидуальные особенности и оригинальность рассматриваемых дошкольных образовательных учреждений.

Ключевые слова: дошкольное учреждение, современная архитектура, организация пространства.

Введение

Детский сад – это остров в мире взрослых, на котором живут дети, и это остров, защищенный от нежелательных вторжений извне [1].

В отличие от Запада, российским обывателям сложно представить, что где-то существует детский сад в виде пещеры или шалаша. Максимум, который воплотили в жизнь владельцы частных детских садов в России – это деревянный терем или сказочный замок[2].

Опираясь на европейский опыт, на тенденции развития общества и на новшества в сфере науки и техники, развитие дошкольных учреждений возможно и в нашей стране. Актуальным становится перспективное развитие дошкольных учреждений, которое может вывести Россию на мировой уровень в сфере архитектурного проектирования.

Предметом исследования данной статьи является европейский опыт по объемно-пространственной организации дошкольных учреждений.

Объектом исследования объемно-пространственная организация дошкольных образовательных учреждений.

Цель и постановка задачи исследований

Цель исследования – проанализировать зарубежные тенденции по объемно-пространственной организации дошкольных учреждений, а также выявить индивидуальные особенности каждого из рассматриваемых учреждений дошкольного образования.

Задачи исследования:

1. Проанализировать европейские тенденции по объемно-пространственной организации дошкольных учреждений.

2. Рассмотреть стилевые тенденции интерьеров детских помещений.

3. Выявить индивидуальные особенности каждого детского сада.

Границы исследования: города Европы.

Научная новизна исследования заключается в обзоре европейских тенденций в сфере объемно-пространственной организации дошкольных учреждений с целью возможного применения опыта для проектирования детских садов России.

Теоретическая и практическая значимость:

1. Выявление различных вариантов проектирования интерьеров и экстерьеров зданий дошкольных учреждений.

2. Использование полученных знаний в проектировании дошкольных учреждений.

Методика исследования основана на обобщении научных, литературных и электронных информационных источников по строительству и архитектуре дошкольных учреждений мира; проектным материалам по развитию дошкольного образовательного учреждения, а также изучению вопросов композиции, особенностей восприятия окружающего мира детьми дошкольного возраста.

Основной раздел с результатами и анализом

Подрастающее поколение сегодня, как никогда раньше, находится в центре внимания архитекторов и градостроителей, что неудивительно для эпохи, когда инвестиции в человеческий потенциал развития признаны самыми перспективными. Своего максимального разнообразия сегодня достигла, прежде всего, сама типология архитектуры для детей — за развитие таких бесценных навыков, как любознательность и креативность[3].

Основными требованиями к зданию дошкольного учреждения являются: безопасность, комфорт и практичность. В зарубежной практике здания детских садов органично вписаны в ландшафт, продолжают естественное развитие природных форм. Естественные материалы создают

впечатление безопасности и защищенности, а яркие элементы интерьера и экстерьера – чувство комфорта. В практике строительства широко распространены одно- и двухэтажные здания детских садов, которые отличаются сложной объемно-планировочной структурой.

В данной статье рассмотрены одни из ярких примеров детских садов, реализованные в различных странах Европы за последние годы.

Германия. Проект под названием Nursery +E, Студия OpusArchitekten, Марбург, Германия. Учреждение представляет собой двухэтажное здание в сложном современном авангардном стиле общей площадью более 100 кв. м[4]. Первый этаж детского сада частично построен в склоне. За счет необычной формы, многогранной крыши и стеклянного фасада, здание ассоциируется со сложенной «гармошкой»(рис.1). Одной из особенностей данного детского сада являются солнечные панели, которые самостоятельно производят энергию. Панели интегрированы в складной фасад и сделаны ровными плоскостями, чтобы можно было вырабатывать как можно больше энергии.

Все комнаты для групп были разработаны так, чтобы осталось как можно больше свободного пространства, которое очень необходимо детям. При этом для оформления внутренних пространств использовались исключительно яркие цвета, такие, как: зелёный, жёлтый, бирюзовый. На фоне этих ярких цветов - серый, белый и тёплый цвета дерева смотрятся очень эффектно и выразительно(рис.2).



Рис. 1. Детский сад в Германии, г. Марбург. Проект под названием Nursery +E, Студия OpusArchitekten.

Источник:<http://umods.ru/architecture/environment/sovremenny-detskiy-sad-v-germanii>

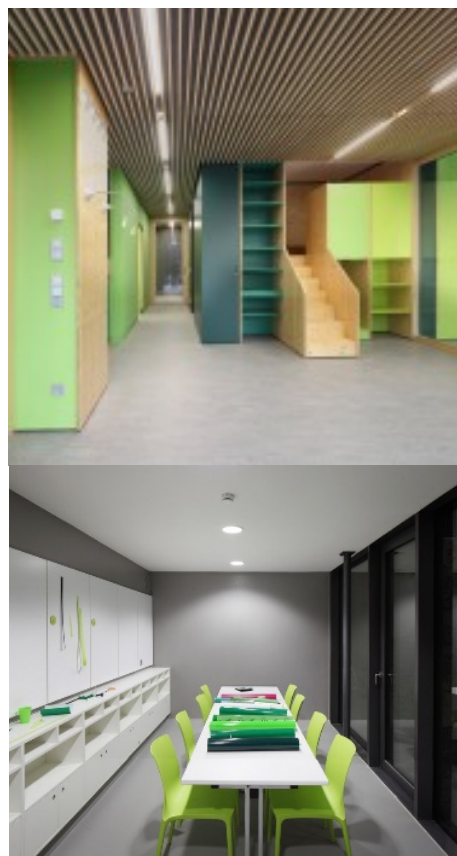


Рис. 2. Интерьер детского сада в Германии, г. Марбург. Проект под названием Nursery +E, Студия OpusArchitekten.

Источник:<http://umods.ru/architecture/environment/sovremenny-detskiy-sad-v-germanii>

Швеция. Детский сад Сьеторрет, Архитектурное бюро RotsteinArkitekter, г.Стокгольм. Расположенный на первом этаже обычного жилого дома, этот детский сад нарушает все установленные стереотипы планировок и цветовой гаммы. Пространство кажется многоуровневым и футуристическим, оно открывает перед посетителями двери в неповторимый сказочный мир[5].

Проект, разработанный архитектурной студией, предусматривает три помещения с необычными геометрическими элементами ярких расцветок. Помещения кажутся визуально более просторными и благодаря тому, что в каждом классе спроектированы три окна — одно маленькое и два больших. Многочисленные ниши, оконные и дверные проемы помогут детям развить креативное мышление и фантазию, а также дарить позитивное настроение даже в пасмурные дни. Окна в перегородках между помещениями позволяют объединить их в единое пространство (рис.3).



Рис. 3. Детский сад в г. Стокгольме, Швеция, архитектурное бюро RotsteinArkitekter.
 Источник: <http://archsovet.msk.ru/article/aktualno/arhitektura-dlya-malen-kih-zarubezhnyy-opyt>

Испания. Необычное здание появилось недавно в г. Эль Чапарраль (Гранада). Автор проекта - архитектор Алехандро Муньос Миранда. Проектируя тривиальный детский сад, решил оснастить постройку окнами, раскрашенными во все цвета радуги[6].

Здание располагается вокруг центрального двора, на котором находится открытая детская площадка. Все классные комнаты открыты и выходят на этот двор. В классах и спальнях окна имеют обычные «бесцветные» стекла. А в общих помещениях (коридорах, столовой и спортзале) окна застеклены разноцветными стеклами (рис.4).

Франция. Детский сад под названием Giraffe Childcare Center, г. Булонь-Бийанкур, пригород Парижа, Франция. Проектировщик - архитектурное бюро Hondelatte Laporte Architectes.

Авторы проекта поставили перед собой цель разнообразить городской пейзаж, воплотив при этом детские мечты и фантазии в реальность. Главным элементом здания является скульптура-жираф, выполняющий роль опоры, на которую опирается последний, нависающий над землей, третий этаж детского сада. С улицы видны только ноги и длинная шея с головой, тело же полностью скрыто внутри здания. Также, на территории детского сада архитекторы поместили белого медведя и семью божьих коровок (рис.5). Само здание решено было сделать максимально простым

и удобным для эксплуатации. На каждом из трех уровней абсолютно белого лаконичного здания организованы детские площадки, в том числе под открытым небом.



Рис. 4. Детский сад в г. Гранада, Испания, архитектор Алехандро Муньос Миранда.

Источник: <http://taly-nataly.livejournal.com/2831.html>

Главной целью архитекторов было разнообразить угрюмый городской ландшафт парижского предместья, оживить его. Для этого им пришлось разбудить в себе ребенка и его бурную фантазию. Получилась некая метафора городских джунглей. К тому же, теперь ни у кого не возникает вопросов о назначении здания, сразу ясно, кто в доме хозяин [7].

Проект детского сада Пайоль, г. Париж, Франция. Часто действующие детские сады нуждаются в реконструкции. Интересная реконструкция детского сада в г. Париже была сделана по проекту архитектурного бюро Palatrand Leclere. Детский сад располагается в 18 округе Парижа на улице Пайоль. Старое здание получило новый облик за счет яркой отделки. Глобальные изменения не коснулись фасада. Здесь яркими пятнами являются двери и ворота синего цвета. Также украшает фасад здания декоративная роспись в виде яркой радуги. То, что скрыто за воротами, тоже было покрашено яркими цветами и разделено на зоны разных игр и активностей (рис.6). Помещения внутри здания также в ходе реконструкции были выкрашены в разные цвета радуги со множеством оттенков [8].



Рис. 5. Детский сад Giraffe Childcare Center в г.Булонь-Бийанкур, пригород Парижа, Франция, архитектурное бюро HondelatteLaporteArchitectes.

Источник:<http://www.arhinovosti.ru/2013/07/15/v-detskom-sadu-v-kommune-bulon-bijjankur-vas-zhdjot-zhiraf/>



Рис. 6. Детский сад в г. Париж, Франция, архитектурное бюро PalatreadLeclere.

Источник:

http://workingmama.ru/article/53518/10_detskix_mest_s_interesnym_dizajnom

США, штат Вашингтон. Интересный экспериментальный проект был воплощен в г.Сиэтле в рамках программы Международного Обучающего Центра (ILC). В специализированном учреждении «Providence Mount St. Vincent» объединили под одной крышей дом престарелых и детский сад (рис.7). В нем проживают 400 пожилых людей и воспитываются несколько десятков детей[9].

Эксперимент показал, что в таком учреждении дети не испытывают дефицита внимания, что часто наблюдается в группах, где много детей и всего лишь два воспитателя. Общаясь со стариками, дети учатся уважать старших, лучше понимают процессы взросления и старения. А старики чувствуют себя нужными и востребованными; их жизнь становится более яркой и энергичной. На эту тему был снят документальный фильм «Present Perfect» о взрослении и старении режиссером Эваном Бриггсом (Evan Briggs).

С 2012 года в Германии также начали практиковать такой вид терапии - общение детей с жителями домов престарелых.



Рис.7. Дом престарелых- детский сад Providence Mount St. Vincent в г. Сизтл, США.

Источник:http://3voznost.ru/article/ves_svet/fakt/13140

Выводы

При рассмотрении новых тенденций проектирования здания дошкольного учреждения, можно отметить, что с каждым днем вводятся новшества в архитектурном проектировании.

В зарубежной практике здания детских садов вписывают в природный ландшафт. Применяют натуральные материалы, которые обеспечивают безопасность и защищенность. В практике строительства широко распространены одно- и двухэтажные здания детских садов, которые отличаются сложной объемно-планировочной структурой. Каждый сад несет в себе оригинальность, которая проявляется за счет окраски яркими цветами, сложной формы здания или наличием разнообразных скульптур, способствующих развитию у детей творческих способностей и позитивного мировосприятия.

Проявление радикальных изменений в объемно-пространственной организации дошкольных учреждений, кардинально отличающихся от принятых типовых решений, скорее всего может вызвать непонимание у населения нашей страны. Но, в то же время, россияне восхищаются современными зарубежными архитектурными зданиями и сооружениями.

Следует применить положительный опыт США и Германии по объединению детского сада с домом престарелых в Российской Федерации. Скорее всего, такое объединение приживется в России, ведь в славянской культуре издревле сложилась традиция активного участия бабушек и дедушек в воспитании детей.

Список литературы:

1. Ю.В. Горгорова, Л.Н. Харченко. Особенности проектирования детских садов [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL:<http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2149>
2. А.В. Кузнецова. Детский сад – чудо архитектуры. Фото со всего мира [Электронный ресурс] // Информационный портал о государственных и частных детских садах, 2008-2012. URL: <http://www.deti-club.ru/detskiy-sad-chudo-arhitektury-foto-so-vsego-mira>
3. Анна Мартовицкая (куратор), Ирина Кузнецова (продюсер), Агния Стерлигова (дизайн экспозиции), Игорь Сон (верстка). Архитектура – детям: лучшее [Электронный ресурс] // arch:speech, 2015. URL: <http://archspeech.com/article/speechexp2015>
4. Современный детский сад в Германии [Электронный ресурс] // umods, Все о архитектуре и дизайне, 2010-2014. URL: <http://umods.ru/architecture/environment/sovremenny-detskiy-sad-v-germanii>
5. Архитектура для маленьких: зарубежный опыт [Электронный ресурс] // Архсовет Москвы, 2014. URL:<http://archsovet.msk.ru/article/aktualno-arhitektura-dlya-malen-kih-zarubezhnyy-opyt>
6. Разноцветный детский сад в Гранаде [Электронный ресурс] // Livejournal, 2010. URL: <http://taly-nataly.livejournal.com/2831.html>
7. В детском саду в коммуне Булонь-Бийанкур вас ждёт жираф [Электронный ресурс] // Архивности, 2013. URL: <http://www.arhinovosti.ru/2013/07/15/v-detskom-sadu-v-kommune-bulon-bijankur-vas-zhdjot-zhiraf/>
8. Краски внутри! 10 детских мест с интересным дизайном [Электронный ресурс] // Workingmama, 2013. URL: http://workingmama.ru/article/53518/10_detskiy_mest_s_interesnym_dizajnom
9. Социальный эксперимент [Электронный ресурс]// Интернет журнал. Третий возраст. Интересные факты. URL:http://3voznost.ru/article/ves_svet/fakt/13140/

Aleshchenko E.G., Sidorova V.V.

OVERVIEW OF EUROPEAN TRENDS OF THE SPATIAL ORGANIZATION OF PRESCHOOL INSTITUTIONS

Abstract. The article is devoted to the analysis of European trends in the spatial organization of pre-school institutions. Examines the design of exteriors, interiors children's, Playground and sleeping quarters. The identified individual characteristics and originality of the considered pre-school educational institutions.

Key words: preschool, modern architecture, organization of space.

УДК 727.7

ДЕКОНСТРУКТИВИЗМ В МУЗЕЯХ СОВРЕМЕННОГО ИСКУССТВА

Дедевец Р.В

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: b-boy-sandy@yandex.ua

Аннотация. В статье рассмотрен один из новых стилей в музейной архитектуре – деконструктивизм. На примере работ наиболее популярных архитекторов в данном стиле: Захи Хадид и Даниэля Либескинда, рассмотрены особенности и перспективы развития деконструктивизма в музеях современного искусства.

Ключевые слова: деконструктивизм, музей, архитектура.

Введение

Деконструктивизм как направление в архитектуре XX века появляется в конце 80-х годов. По определению теоретика деконструктивизма Жака Деррида, это не стиль, а метод, подход архитекторов к основам основ традиционного подхода к архитектуре как виду искусства. Это не разрушение построенных зданий, а сознательное создание конфликта между тем, как человек привык воспринимать язык и смысл, и тем, что он видит [3].

Деконструктивизм - это вопрос архитекторов самим себе, можно ли освободить архитектуру от гегемонии эстетики, красоты, пользы, функциональности, так ли уж незыблемы понятия порядка и беспорядка и можно ли построить здание, отрекшись от всех общепринятых глубинных принципов создания архитектурных сооружений, в том числе: тектоники, равновесия, вертикалей и горизонталей, или всё же архитектору, разрушив старые принципы, необходимо создать что-то свое. Отрекаясь от старых принципов, необходимо создать новые формы, новое пространство, новые типы зданий, в которых эти мотивы «написаны» заново, утратив свою изначальную гегемонию. А создать, значит сказать «да», а не «нет».

Анализ публикаций

Человеку в современном мире требуется все больше и больше эмоциональных впечатлений, чтобы почувствовать себя живым и встряхнуться. Музею, балансируя между немного закрытой элитарностью и необходимостью соответствовать меняющемуся миру, тоже необходимо реагировать на эту ситуацию и обретать новые функции. Это важно, в том числе для того, чтобы выдерживать конкуренцию с огромным количеством развлечений.

Цель и задачи исследования

Изучить опыт работ Захи Хадид и Даниэля Либескинда в музейной архитектуре.

Определить перспективы развития деконструктивизма в зданиях музея.

Основной раздел

Популярным направлением в музейной архитектуре сегодня стал деконструктивизм, для которого характерны визуальная усложненность, неожиданные ломаные линии и формы, подчеркнуто агрессивное вторжение в городскую среду. Архитектор порождает захватывающие, сложные, почти философские, или кажущиеся легкими, но нарушающие правила образы [1].

Яркой фигурой направления деконструктивизма стала Заха Хадид, одна из самых титулованных и знаменитых архитекторов современности, первая (и пока единственная) женщина — лауреат Притцкерской премии.

По словам Хадид, интерес к ее творчеству возник после того, как в 1997 году было построено здание Музея Гуттенхайма в Бильбао (рис. 1). Это здание показывает, как архитектор выворачивает наизнанку образы исторически сложившихся стилей, районов и целых городов. Фактически Музей Гуттенхайма изменил существование провинциального Бильбао и породил новый растущий город. Последним из недавно открывшихся музеев по проекту Хадид стал Национальный музей искусств XXI века (MAXXI) в Риме (рис. 2).

Заха Хадид говорит, что ее музеи вписываются в пространство и трансформируют его. «Каждый проект — это своего рода ландшафт. Очень важно, как расположатся в этом ландшафте необходимые элементы, какой будет его топография, угол падения света. Архитектор должен думать о том, будет ли человеку просто ориентироваться в нем, легко ли он сможет найти путь назад, если захочет вернуться и еще раз посмотреть на то, что уже видел. Любой проект сначала должен казаться загадочным, словно незнакомая территория, которая ждет, чтобы ее исследовали» [2]. Заха Хадид и ее здания всегда экспрессивны, часто построены на контрастах. Где-то за гибкой легкостью может таиться конфликт. Например, в новом римском музее переходы и лестницы — пересекающиеся черные «ленты» — контрастируют со светлыми бетонными стенами. Все здания словно созданы для того, чтобы вызывать сильные эмоции.



Рис. 1. Музей Гуггенхайма в Бильбао



Рис. 2. Национальный музей искусств XXI века в Риме.

Мощный эмоциональный отклик рождает музей известного архитектора Даниэля Либескинда, который публично деконструирует понятие плоскости и стены (одна из его статей называется «Поверхность должна умереть. Доказательство»). Либескинд известен как архитектор трех Еврейских музеев. Самый яркий из них, Еврейский музей в Берлине (рис.3), — зигзагообразное, разрезающее

пространство, очень агрессивное по форме здание с пугающими узкими помещениями и окнами-щелями. В архитектуре Либескинда здание приспособливает под себя находящиеся в нем предметы; главное для архитектора — не показать конкретный предмет или исторический документ, а заставить посетителя чувствовать.



Рис. 3. Еврейский музей в Берлине

В таком здании внешняя оболочка предопределяет интерьер и способ подачи информации, тогда как в общемировой музейной традиции архитектура должна предоставлять создателям экспозиций максимальную свободу. Зная, что знаменитым его сделали зигзагообразные линии Еврейского музея, Либескинд преобразовал свою находку в легко узнаваемую концепцию ломаных углов, разбитых и

собранных заново форм и спроектировал здание нового Корпуса имени Фредерика Гамильтона для Денверского музея искусств (рис. 4). Несмотря на особенности освещения, которые заставляют кураторов по-новому организовывать экспозицию, директор музея считает, что здание музея сделало город особенным, усилило культурный аспект индустрии туризма.



Рис. 4. Корпус имени Фредерика Гамильтона Денверского музея искусств.

Выводы

В среде однообразной и монотонной застройки человек чувствует себя морально «уставшим» и нуждается в разнообразии. И традиционный музей в этом смысле проигрывает. При этом можно предположить, что чем более тоскливая архитектурная среда окружает человека, тем нужнее ему деформированные и перекошенные формы деконструктивизма.

Список литературы

1. Д. А. Турбин, статья «Деконструктивизм».

2. Дженкс Ч. и Айзенман П. Деконструктивизм изнутри и снаружи.

3. Ильин И.П. Постструктурализм. Деконструктивизм. Постмодернизм.

4. Сапанжа О. С. Современный художественный музей: на службе человечеству или человеку? // В поисках музейного образа: материалы науч. конф., Санкт-Петербург. 2007. 12–13 апр.

5. Калугина Т. П. Художественный музей как феномен культуры. СПб., 2001. С. 107.

6. Майстровская М. Т. Музейная экспозиция: тенденции развития // На пути к музею XXI века: сб. научн. тр. М., 1997. С. 12.

Dedovec R. V.

IN THE MUSEUMS OF MODERN ART

Summary. The article deals with one of the new styles in the museum's architecture - deconstruction. For example, the most popular works in the style of architects: Zaha Hadid and Daniel Libeskind, the peculiarities and prospects of deconstruction in contemporary art museums.

Keywords: deconstruction, museum, architecture.

УДК 621383.51:72(477.75)

СОЛНЦЕЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА В АРХИТЕКТУРЕ – ПУТЬ К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Чемисов Н.Д.

ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И.Вернадского»

Керченский инженерно-технический центр по созданию объектов градостроительства (структурное подразделение)

Адрес: г.Керчь, ул.Юных ленинцев, 7

e-mail: kerchkrinnii@i.ua

Аннотация. В статье рассматривается использование солнцезащитных средств в архитектуре и возможность сокращения расхода электроэнергии в зимний и летний периоды года. Вопрос энергозависимости Крыма в последние годы практически не поднимался и не решался за исключением нескольких статей в местных средствах информации. По данным Крымских специалистов Коробко Б., Лебедева Ю. Крым обладает потенциальными ресурсами энергоносителей (нетрадиционные источники энергообеспечения) [1]. В Крыму высокий уровень солнечной инсоляции, что позволяет широко использовать гелиоустановки, имеются громадные доступные для освоения геотермальные ресурсы, особенные северные районы – Черноморский район, мыс Тарханкут, Арабатская стрелка, Джанкой. Территория Крыма характеризуется высоким ветровым потенциалом, который только начинает использоваться. Сюда можно отнести Крымскую часть Сиваша и Керченский полуостров., В этих районах можно построить парк ветряных электростанций мегаваттного класса мощности. Мы вкратце наметили имеющийся энергетический потенциал Крыма, исследованием которого должны заниматься ученые и специалисты в области нетрадиционных источников энергообеспечения.

Ключевые слова: инсоляция, геотермальные ресурсы, гелиоустановки, энергоносители, энергетический потенциал.

Введение

До сих пор в мировой практике строительства положительных примеров правильного применения солнцезащитных средств наблюдается значительно меньше, чем грубых ошибок, наносящих вред искусству архитектуры, здоровью людей и экономике.

Многие произведения архитектуры, которые являются классическими иллюстрациями непонимания знаменитыми архитекторами роли солнечной радиации, выдаются за шедевры – это здание Верховного суда в Чандигархе (арх.Ле Корбюзье), и многие постройки О.Нимейера. [2]

Применение в качестве солнцезащиты тяжелых бетонных экранов, козырьков, монолитно связанных с несущими конструкциями зданий и большие площади остекления усугубили перегрев помещений. Такая «солнцезащита» аккумулирует солнечную энергию, затем трансформирует ее в длинноволновое тепло, которое дополнительно поступает в помещения.

Стремление архитекторов придать солнцезащите декоративный характер, не проверив эффективность затенения, также не дает ожидаемого эффекта.

Необходим научно обоснованный подход применения СЗС, тогда можно добиться значительного снижения энергозатрат создавая комфортные условия в жилых, общественных и производственных зданиях.[3]

Анализ публикаций

Проблеме инсоляции и солнцезащиты в архитектуре посвящен ряд работ: Оболенского Н.В., Ершова А.В., Дунаева Б.А., Римша А.Н. [2-5]

Различные аспекты взаимодействия солнечной инсоляции и солнцезащиты рассматривались в научных исследованиях Скроб Л.А., Орловой Л.Н. [6-7]

В результате анализа публикаций выявилась тема исследования:

Солнцезащитные средства, используемые в архитектуре – путь к энергосбережению, сокращению расхода электроэнергии в зимний и летний периоды года.

Цель и постановка задач

Целью исследования является формирование теоретической и практической базы солнцезащитных и светорегулирующих средств, создающих комфортные условия архитектурной среды и способствующих энергосбережению.

Задачи исследования:

- провести анализ и обобщить накопленный опыт применения СЗС в архитектуре Крыма, ближнего и дальнего зарубежья;
- выявить положительный и отрицательный опыт применения СЗС;
- определить дальнейшие направления исследования, рекомендовать оптимальные СЗС, ведущие к энергосбережению для применения в условиях Крыма.

Методика исследования

Анализ солнцезащитных и светорегулирующих средств, используемых в архитектуре, выявляет их главенствующее влияние на повышение архитектурной выразительности, улучшения комфортных условий архитектурной среды и энергообеспечения.

Аналитический метод был использован для обоснования возможных путей энергосбережения применением солнцезащитных средств в архитектуре Крыма.

Результаты и их анализ

В условиях теплого климата Крыма и особенно жаркого лета научно обоснованное применение солнцезащитных и светорегулирующих средств может значительно сократить расход

электроэнергии на отопление, вентиляцию и хладоснабжение зданий, сооружений.

По мнению автора, наиболее полную и развернутую классификацию СЗС дал Оболенский Н.В. в книге «Архитектура и солнце» табл.1. Он все СЗС подразделяет на 3 основные группы: I- архитектурно-планировочные; II- конструктивные; III – технические.

Таблица .1

Классификация солнцезащитных и светорегулирующих средств по Оболенскому Н.В.

Наименование СЗС	Обеспечиваемый эффект	Область применения	Рекомендуемые материалы
I – Архитектурно-планировочные			
Ориентация и взаиморасположение зданий, конфигурация здания в плане и максимально возможная глубина помещений	Защита от светового и теплового дискомфорта	Любые здания	
Озеленение и обводнение территории	Улучшение микроклимата	Внутриквартальные территории и скверы	Газоны, кустарники, вьющееся озеленение
Покрытие тротуаров и площадок нетеплоемкими материалами	Улучшение микроклимата	Внутриквартальные территории и скверы	Галечник, песок, грунтовые покрытия с дренажем
II – Конструктивные			
• Затеняющие элементы зданий			
Профиль ограждающих конструкций стен	Защита от светового и теплового дискомфорта	Общественные и пром. здания	
• Солнцезащитные и светорегулирующие устройства			
-стационарные наружные	Защита от светового и теплового дискомфорта	Общественные и пром. здания	Бетон
-регулируемые наружные	Защита от светового и теплового дискомфорта	Общественные и пром. здания	Пластмасса
-регулируемые межстекольные	Защита от светового и теплового дискомфорта	Жилые, обществ. и пром. здания	Пластмасса, алюминий
-регулируемые внутренние	Защита от светового и теплового дискомфорта	Любые здания	ткань
III - Технические			
-кондиционирование воздуха	Защита от светового и теплового дискомфорта	Жилые, обществ. и пром. здания	
-водоливные крыши-ванны	Защита от светового и теплового дискомфорта	Общественные здания	
-водоразбрызгивающие устройства	Защита от светового и теплового дискомфорта	Общественные здания	

Более подробно рассмотрим каждую из групп солнцезащитных и светорегулирующих средств.

Архитектурно-планировочными средствами можно уменьшить отрицательное

влияние излишней солнечной радиации, защитив от светового и теплового дискомфорта здания и сооружения. Наиболее благоприятной ориентацией для жилых и общественных зданий в условиях Крыма является широтная (продольная ось здания

запад-восток). Наименее желательна меридиональная ориентация – несущая перегрев, т.к. до обеда нагревается восточная сторона, а после обеда – западная.

Озеленение и обводнение (бассейны, пруды) территорий групп домов – значительно улучшает микроклимат территории микрорайона, жилого двора, уменьшая перегрев зданий, сооружений.

Конструктивные средства.

Затеняющие элементы зданий.

Сюда можно отнести профили ограждающих конструкций стен «сайдинг». Они эффективно защищают от светового и теплового дискомфорта, т.к. между стеной и навесными элементами оборудуется вентилируемая воздушная прослойка.

Солнцезащитные и светорегулирующие устройства:

-стационарные наружные – козырьки, горизонтальные жалюзи, вертикальные экраны, пространственные сетки;

-регулируемые наружные – козырьки, горизонтальные жалюзи (складывающиеся, сдвижные, свертывающиеся);

-регулируемые межстекольные (шторы, жалюзи, штора свертывающая);

-регулируемые внутренние (шторы-жалюзи, штора).

Технические средства.

Это наиболее эффективные средства, применяемые в сочетании с архитектурно-планировочными конструктивными средствами. Кондиционирование внутренних помещений здания в сочетании с правильно рассчитанной и выполненной солнцезащитой позволяет сократить расход электроэнергии на вентиляцию и охлаждение помещений.

Регулируемой солнцезащитой можно использовать энергию солнца в зимний период, экономя электроэнергию на отопление и вентиляцию зданий общественного назначения – санатории, пансионаты.

Приведем ряд удачных примеров использования СЗС в Крыму. Например:

- здание Симферопольского главпочтамта арх.А.Полегенький;

- Пляжное сооружение дома отдыха «Северная Двина» в Алуште, арх. В. Шеремет;

-Дворец культуры профсоюзов в г. Симферополе арх. А. Митюнин, В. Дегтярев. [8]

Это только несколько примеров грамотного, научно обоснованного применения солнцезащитных средств, которые помимо своей основной функции – создание комфорта внутри здания, значительно повысили архитектурную выразительность зданий и конечно, привели к снижению энергозатрат.

Выводы

Широкое использование солнцезащитных средств в архитектуре Крыма позволит повысить архитектурную выразительность, подчеркнуть индивидуальность санаторно-курортных комплексов, а также снизить эксплуатационные затраты на создание микроклимата внутри зданий и сооружений.

Список литературы

1. Коробко Б.П., Лебедев Ю.Н., Миханюк В.Н.. Потенциал энергонезависимости Крыма. г. Симферополь журнал «Крымстройиндустрия, энергоснабжение» № 1.11.2008.
2. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце М., Стройиздат, 1988.
3. Ершов А.В. Расчет теплоступлений через окна с солнцезащитой. Строительство и архитектура Узбекистана. 1966., № 10.
4. Дунаев Б.А. «Инсоляция жилища» М.1980.
5. Римша А.Н. Градостроительство в условиях жаркого климата. М., Стройиздат, 1979.
6. Скроб Л.А. Солнцезащитные средства в архитектуре промышленных зданий: дисс... к.а. М., 1978.
7. Орлова Л.Н. Метод энергетической оценки и регулирования инсоляции на жилых территориях: дисс... к.т.н., Горький, 1985
8. Крикун Е. 13 Крымских архитекторов. Симферополь, Таврида, 1985.

Chemezov N. D.

SUNSCREEN IN ARCHITECTURE – A PATH TO ENERGY EFFICIENCY

Abstract. The article discusses the use of sunscreens (C. Z. S.) in architecture and the possibility of reducing energy consumption in winter and summer periods of the year. The question of the dependence of the Crimea in the last years practically was not raised and not resolved except for a few articles in the local media. According to the Crimean experts Korobko B., Lebedev Yu.. Crimea has potential resources of energy (non-conventional sources of energy) [1] In Crimea a high level of insolation that makes extensive use of eleusinova, there are enormous available for the development of geothermal resources, the particular Northern black sea area of Cape Tarkhankut, the Arabat spit, Dzhankoy. The territory of the Crimea is characterized by high wind potential that is just beginning to be used. This can be attributed to the Crimean part of the Sivash and the Kerch Peninsula, In these areas you can build a Park of wind power plants megawatt-class power. We have briefly outlined the available energy potential of the Crimea, the study of which should be left to scholars and experts in the field of alternative energy sources.

Key words: insolation, geothermal resources, solar, energy, energy, solar protection, microclimate.

УДК: 711.4-168 (045)

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ Г. СИМФЕРОПОЛЯ

Яковенко Н. Е.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: natiknet2@mail.ru

Аннотация. Пространственная структура города показывает местоположение и взаиморасположение различных городских элементов в пространстве для организации основных связей в процессе развития и функционирования города. Сложившаяся пространственная структура г. Симферополя требует переосмысления и корректировки, в связи со сложившейся настоящей экономической, культурной, социальной, политической, юридической, инженерной и экологической ситуацией. Для этого необходимо изучить мировой опыт и отечественный опыт, и сформировать научную базу для выработки прогрессивных управленческих технологий, применимых для г. Симферополя.

Ключевые слова: пространственное развитие города, пространственная структура города, модель города, пространственная организация города

Введение

В настоящее время ведутся многочисленные дискуссии о необходимости формирования каркаса пространственной организации, с целью стратегического управления пространственным развитием Крыма и городов Крыма. Термин «пространственное развитие» (Spatial Development) появился в западном publicadministration в начале 70-х гг. XX века и приобрел достаточно широкий спектр значений. Главный смысл которых сводится к мероприятиям по гармонизации на территории разновекторных процессов с учетом постоянно происходящих изменений.

В настоящее время Крым и город Симферополь являются дотационными, куда поступают средства федерального бюджета, что оказывается неэффективным и на практике приводит к очень медленному экономическому росту. Не менее существенной, требующей использования подхода пространственного развития, является проблема дефицита человеческих, финансовых, инфраструктурных, институциональных и других ресурсов. Поскольку усиливаются неравномерность концентрации данных ресурсов и территориальные диспропорции, необходима концепция новой территориальной организации, усиливающей и умножающей ресурсы города Симферополя. Отвечающей этим требованиям может служить система пространственного развития города, включающая в себя инструменты повышения и гармонизации бизнес-активности территорий, умножения и качественного роста человеческого капитала, а также повышения их инфраструктурной обеспеченности.

Анализ публикаций

В современных публикациях основной акцент авторы делают на необходимость применения рыночно ориентированной, демократической модели управления и развития города. Ориентированность на увеличение количества сред, максимизацию возможностей индивидуального выбора, достижения компромиссов интересов сообщества и частных субъектов, усиление ответственности всех субъектов градостроительного процесса, повышение уровня его открытости, допуск к участию в принятии решений, тех, кого это решение касается. Для эффективного управления в рыночных условиях необходимо новое осмысление критериев качества пространственной организации, нежели те, которые используются сегодня в системе градостроительной деятельности.

В литературе пространственная организация города рассматривается в историческом, культурологическом, инженерно-техническом и других аспектах. В сочетании с экономической, социальной, инженерной и экологической науками, теория пространственных структур формирует научную базу для выработки прогрессивных технологий управления и пространственной организации г. Симферополя.

Цель и постановка задачи исследований

Основной целью разработки документов пространственного развития Симферополя можно назвать:

-оптимизация пространственной структуры города для более эффективного использования имеющегося экономического потенциала, с целью создания наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности населения. Результатом оптимизации пространственной структуры

предполагается рост привлекательности и повышение конкурентоспособности территории и качества жизни населения.

В качестве задач, разрабатываемых документов пространственного развития могут стать:

- преодоление дисбаланса и разрывов городского пространства;
- развитие и модернизация транспортной схемы города;
- эффективное сочетание размещения производства, системы расселения и рекреации. Формирование производственных зон, селитебных и рекреационных зон.

Основной раздел

Город представляет собой особую организацию физического и географического пространства. Город деформирует природную пространственную структуру и создает свою собственную – внешнюю и внутреннюю. Исторически сложилось несколько подходов к пространственному развитию населенных мест.

Наиболее значимыми из них можно назвать следующие:

- отраслевой;
- территориальный;
- региональный;
- кластерный;
- проектно-пространственный;
- корпоративный.

Анализ мирового опыта и существующей ситуации в РФ показывает, что наиболее эффективен комплексный подход в формировании пространственных структур городов.

Поэтому предлагается применение комплексного метода и внедрение новых подходов в развитии социальной инфраструктуры (комбинирование детских садов и школ, учебно-воспитательные комплексы и создание межрегиональных школ и т.д.), транспортной инфраструктуры (внедрение контрактов жизненного цикла в дорожном строительстве, создание проектных и строительных консорциумов для управления развитием приоритетных транспортных коридоров). Использование тесного сотрудничества и кооперации крупных образовательных центров-университетов и производства. Пространственное развитие территории должно интегрировать в себя инновационную и образовательную составляющие, а также использовать их синергетический эффект.

В рамках концепции комплексного развития территорий города Симферополя, можно предложить сформировать основные направления развития:

- повышение инвестиционной привлекательности территорий (развитие современных промышленных кластеров, развитие технопарка и т.д.);
- обеспечение рабочими местами в непромышленных секторах, за счет развития многофункциональных инвестиционных площадок в

сферах логистики, торговли, бизнес-услуг, развлекательной недвижимости и туризма.

Ключевыми ресурсами, способными стать базой для ускоренного экономического роста, являются прежде всего объекты культурно-исторического наследия, а также создание инновационной инфраструктуры (вузы, технопарк и др.)

Идея проекта может заключаться в создании, по модели лучших малых исторических и инновационных центров мира, города с постиндустриальной экономикой, но обладающего обширным культурно- историческим потенциалом:

- комплексное развитие транспортной инфраструктуры. Прежде всего, в рамках этого направления должно быть предусмотрено развитие дорожной инфраструктуры, создание крупного мультимодального транспортного узла для повышения уровня транспортной связности, создание транспортно-пересадочных узлов, что позволит: обеспечить сопряжение пассажиропотоков магистрального пригородного с магистральным и подвозящим внутригородским транспортом; повысить комфорт и скорость пассажирских перевозок; создаст основу для развития транспортного поведения в режиме «автомобиль – общественный транспорт» (за счет создания перехватывающих автомобильных парковок);

- повышение качества жилой среды: стимулирование жилищного строительства, основанного на принятии правил по совершенствованию жилой среды, а также ограничение строительства, которое ведется с нарушением установленных градостроительных норм. Важно, учитывая большое количество реализуемых инвестиционных проектов в сфере жилищного строительства на границе города и региона, уделять внимание равномерному развитию социальной инфраструктуры;

- совершенствование инвестиционной деятельности в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами. Необходимо принять ряд совместных решений города и региона по вопросам организации полигонов твердых бытовых отходов и возможности строительства мусороперерабатывающих заводов;

- развитие инженерной инфраструктуры. Речь идет и о решении проблем подключения к инженерным инфраструктурам промышленных и иных инвестиционных площадок, модернизация системы водоснабжения и систем локальной генерации электроэнергии;

- туризм. Необходимо разработать туристические маршруты, и тем самым сформировать уникальный туристический продукт, охватывающий культурно-исторический и природный потенциал города.

Пространственное развитие города Симферополя должно быть направлено на

нивелирование существующих территориальных диспропорций, повышение конкурентоспособности муниципальных образований посредством использования имеющихся у них преимуществ, и в конечном результате обеспечить устойчивое комплексное социально-экономическое развитие города.

Вывод

Выделение на территории Симферополя опорных узлов пространственного каркаса может быть произведено за счет:

- формирования узлов инфраструктур (в первую очередь транспортных, придания развитию отдельных транспортных узлов и коридоров федерального значения);

- стыковки внутренних транспортных коммуникаций с международными транспортными коридорами;

- поддержания миграционной мобильности населения; развитие крупного образовательного учреждения федерального значения (ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»);

- функционального зонирования территорий.

Среди основных факторов, определяющих пространственное развитие Симферополя в долгосрочной перспективе, можно назвать:

- экономическую специализацию города и ее место в региональном разделении труда;

- текущие демографические процессы и развитие системы расселения;

- административно-территориальное деление и строение бюджетной системы;

- потенциал развития основных инфраструктур.

Список литературы

1. Высоковский А. А. Визуальные образы городской среды [Текст] / А. А. Высоковский. – М.: Локус Станди, 2008. – 236с.: ил.

2. Каганов Г.З. Формирование городской среды (вопросы теории) [Текст] / Г.З. Каганов- М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1987.

3. О'Салливан А. Экономика города [Текст] /4-е изд.// А. О'Салливан - М.: ИНФРА-М, 2002. - 706 с.

4. Дубовик М.В. Проблемы формирования системы пространственного развития в РФ[Текст]/ Альманах современной науки и образования // М.В. Дубовик - Тамбов: Грамота, 2009. № 3. С. 55-60. ISSN 1993-5552.

Yakovenko N. E.

The concept of formation of system of spatial development of the city of Simferopol

Abstract. The spatial structure of the city shows the location and arrangement of various urban elements in space for organizationone relations in the development and functioning of the city. The existing spatial structure of the city of Simferopol requires rethinking and adjustments in connection sosloviya the present economic, cultural, social, political, legal, engineering and environmental situation. It is necessary to study international experience and domestic experience and to form a scientific basis for the formulation of progressive management technologies applicable for the city of Simferopol.

Key words: spatial development city spatial structure of the city, the city model, the spatial organization of the city

Раздел 2. Строительные науки

УДК 666.9.022.3

УТИЛИЗАЦИЯ ШЛАМОВЫХ ПРОДУКТОВ ШАРХИНСКОГО КАРЬЕРА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Елькина И.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: irivel@mail.ru

Аннотация. Исследовано влияние полусухого прессования на прочность образцов на основе шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера. Изучены свойства образцов и проведена статистическая обработка экспериментальных результатов, исследована микроструктура образцов. Произведена опытно-промышленная проверка процесса полусухого прессования изделий из формовочных смесей на основе шлама Шархинского карьера.

Ключевые слова: шлам, шлакопортландцемент, полусухое прессование, образцы-цилиндры, предел прочности при сжатии

Введение

В производстве заполнителей для бетона из дробленных магматических пород для повышения качества щебня и песка широко используется технология их промывки. При этом образуется значительное количество шламов, требующих утилизации. Например, в процессе производства щебня и песка из грандиоритовых пород на Шархинском карьере (Республика Крым) при промывке образуется до 50-60 тыс. м³ шлама в год. Отсутствие экологически приемлемых условий для захоронения шламов на южном берегу Крыма вызывает необходимость поиска путей их переработки.



Рис. 1. Промывка породы при производстве щебня и песка

В настоящее время общий объем отсевов в отвалах – 600,4 тыс. м³, полностью заполнен шламоотстойник объемом 1,5 тыс. м³, построен новый шламоотстойник объемом 5 тыс. м³ (рис.1), который на сегодняшний день практически полностью заполнен.



Рис. 2. Шламоотстойник Шархинского карьера объемом 5 тыс. м³

Отсутствие экологически приемлемых условий для захоронения шламов на южном берегу Крыма (западная зона Алушты), вызывает необходимость поиска путей утилизации шлама.

Анализ публикаций

Научные школы Ю.М.Баженова, П.П. Будникова, В.Т.Ерофеева, П.Г.Комохова, Л.Б.Сватовской, Т.М.Петровой, В.И. Соломатова и других ученых выполнили обширные исследования в области использования отходов в производстве строительных материалов. На основе их исследований созданы методики прогнозирования прочностных характеристик бетонов, изготавливаемых на основе техногенного сырья, изучены процессы

кристаллизации при введении в цемент тонкодисперсных техногенных продуктов, разработаны технологические процессы изготовления строительных материалов на основе побочных продуктов различных производств [1].

В работе [2] исследован процесс формирования структуры газобетонных изделий на основе тонкодисперсных отходов камнедробления горных пород, принципиально отличающихся по химическому и минеральному составу от традиционно применяемых наполнителей для производства ячеистых бетонов. При этом установлено следующее: тонкодисперсные отходы камнедробления горных пород могут быть эффективно использованы взамен традиционно применяемых кремнеземистых наполнителей при изготовлении ячеистых бетонов.

Анализируя ряд исследований [3,4,5,6] можно заключить, что одним из наиболее перспективных направлений утилизации шламовых отходов промывки отсевов является их использование в производстве строительных материалов, например, в качестве наполнителя-пластификатора цементных масс для производства стеновых строительных изделий. Однако при таком способе утилизации количество перерабатываемого шлама незначительно и не может решить экологические проблемы, связанные с увеличением объема шламонакопителей.

Таким образом, существующий опыт переработки высокодисперсных шламовых продуктов в строительные материалы свидетельствует о том, что наиболее эффективным способом увеличения объемов утилизации является полусухое прессование мелкоштучных стеновых материалов.

Цель и задачи исследования

Специфические свойства шламов промывки дробленых магматических пород, заключающиеся в высокой дисперсности, пониженном содержании кремнезема, пассивированная поверхность частиц и др., предопределяет неприемлемость обычной технологии их переработки при изготовлении строительных материалов. Поэтому ощущается потребность в правильном выборе технологий производства строительных материалов и изделий на их основе. Одним из перспективных направлений улучшения качества сырьевых компонентов в производстве строительных материалов является их механическая активация путем высокоскоростного измельчения или ультразвуковой обработки. При этом изменение технологических свойств сырья связано с ростом

энергии кристаллической решетки частиц, образованием дефектов структуры и других процессов, вызываемых механической активацией. В итоге возникает необходимость поиска других технических решений его утилизации.

Целью настоящей работы является разработка эффективной технологии переработки шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера в стеновые строительные материалы с использованием метода полусухого прессования изделий.

Методы и результаты экспериментальных исследований

Шлам является отходом мокрой классификации отсевов карьера. По минеральному составу шлам в основном представлен тонкодисперсными фракциями горной породы (кварцем и полевым шпатом).

Исследуя фракционный и химический состав Шархинских шламов, можно сделать вывод, что шламы представляют собой тонкодисперсный продукт, в котором зерна менее 0,15 мм составляют 98,5-99,9%, содержание в шламе фракции менее 0,05 мм составляет 70-99% в зависимости от места отбора проб. Примерно 20% шлама представлено фракцией менее 0,01 мм.

Лабораторные исследования проводили на образцах-цилиндрах диаметром и высотой 3 см. Сырьевую смесь заданного состава готовили перемешиванием шлакопортландцемента и шлама в лабораторном смесителе. Относительная формовочная влажность смеси 10% (мас.). Образцы-цилиндры прессовали на прессе П-10 при заданном удельном давлении. После прессования образцы выдерживали в течение 28 суток во влажных условиях, а затем определяли их предел прочности при сжатии по стандартной методике.

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

Опытно-промышленные испытания проводили на оборудовании фирмы «Агрегат» путем формования стандартного пустотелого кирпича. Были определены физико-механические характеристики кирпича.

На первом этапе нами были проведены исследования по определению оптимального давления полусухого прессования изделий.

Результаты исследования зависимости предела прочности образцов при сжатии от удельного давления прессования и состава смеси приведены в табл.1.

Таблица 1.

Зависимость предела прочности образцов при сжатии от состава формовочной смеси и удельного давления прессования

Удельное давление прессования, МПа	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) состав (% мас.)		
	Шлам-90%, ШПЦ-10%	Шлам-80%, ШПЦ-20%	Шлам-70%, ШПЦ-30%
5	2,44	4,10	9,85
10	4,77	9,91	16,97
15	7,40	13,12	21,43
20	10,11	15,20	25,50
25	11,95	16,93	28,50
30	13,51	19,82	30,81
35	13,64	20,01	31,02
40	13,72	20,07	31,17

Из формовочной смеси, содержащей шлам Шархинского карьера и шлакопортландцемент Краматорского цементного завода, прессовали образцы-цилиндры при удельном давлении 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 МПа. Образцы прессовали из сырьевой смеси трех составов, включающих 10, 20, 30% по массе шлакопортландцемента, соответственно.

Данные табл. 1 свидетельствуют о существенном росте прочности образцов с увеличением давления. Причем, до давления 30 МПа происходит более интенсивный рост прочности образцов с 2,44-9,85 МПа до 13,51-30,81 МПа независимо от количества шлакопортландцемента. При увеличении давления прессования более 30 МПа рост прочности незначителен (до 1,5%).

Полученные экспериментальные исследования показывают, что оптимальное давление прессования составляет 30 МПа.

Для изучения одновременного влияния давления прессования и содержания шлакопортландцемента в формовочной смеси на физико-механические свойства образцов был принят рототабельный центральный композиционный план (РЦКП) [7,8].

Стандартная методика обработки рототабельного плана позволила вывести уравнение регрессии, описывающее аналитическую функцию изменения физико-механических свойств от исследуемых факторов.

Алгебраический полином второго порядка, описывающий зависимость прочности от давления прессования (X_1) и количества шлакопортландцемента в формовочной смеси (X_2), имеет следующий вид:

$$Y_1 = 22,14 + 1,01X_1 + 8,78X_2 - 0,71X_1^2$$

Представленное уравнение регрессии позволяет количественно оценить влияние варьирования каждого из изучаемых технологических факторов (давления прессования и количества шлакопортландцемента в формовочной смеси) на прочность образцов.

Анализ уравнения регрессии свидетельствуют о положительном влиянии роста давления прессования и содержания шлакопортландцемента в формовочной смеси на увеличение прочности образцов.

Электромикроскопические исследования структуры цементного камня с содержанием шламовых продуктов 70, 80, 90% (мас.) приведены на рис. 3.

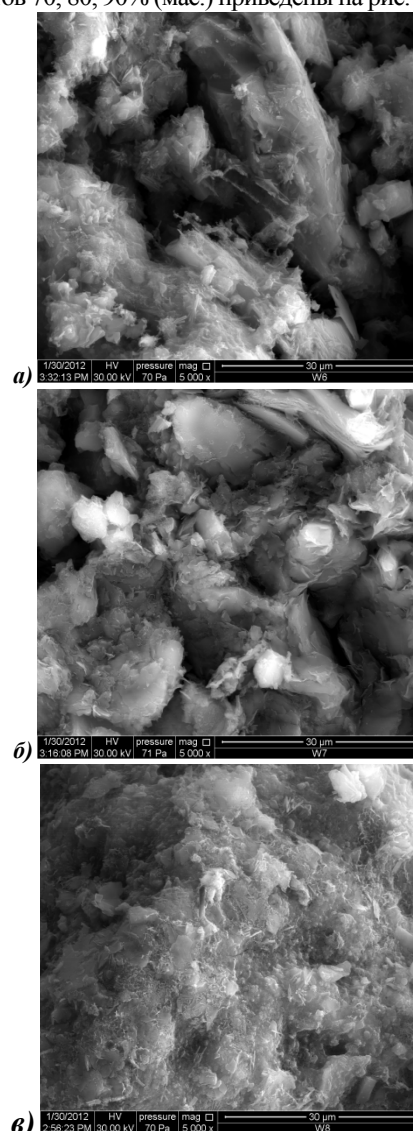


Рис. 3. Структура цементного камня с содержанием шлама 70% (а), 80% (б), 90% (в) в возрасте 28 суток

Результаты электромикроскопических исследований показали, что структура образцов состоит из частиц шлама, продуктов гидратации шлакопортландцемента и его негидратированных зерен. Кристаллы гидросиликатов и гидроалюминатов кальция перекрывают поровое пространство.

Образующийся при гидратации гидроксид кальция представлен кристаллами гексагональной формы и более массивными структурами. Кристаллы новообразований равномерно распределены по массе материала и скрепляют частицы шлама в плотный и прочный конгломерат, что подтверждают результаты физико-механических испытаний образцов.

В заводских условиях была проведена опытно-промышленная проверка технологии прессования пустотелого кирпича из формовочных смесей приведенных выше составов.



Рис. 4. Оборудование для производства кирпича методом полусухого прессования и вид кирпича

Процесс формования и полученные изделия приведены на рис. 4.

Приготовленные в смесителе принудительного действия формовочные смеси направляли в промышленный гидравлический пресс двухстороннего действия А 300-С2 фирмы «Агрегат» для прессования пустотелого лицевого кирпича размером $250 \times 120 \times 65$ мм. Удельное давление прессования кирпича на этом прессе составляло 30МПа.

В результате опытно-промышленной проверки получен пустотелый кирпич с пределом прочности при сжатии 12,5МПа (шлам-90%, ШПЦ-10%); 20,3 МПа (шлам-80%, ШПЦ-20%) и 31,6МПа (шлам-70%, ШПЦ-30%). Лицевой кирпич из опытной партии обладал следующими физико-

механическими характеристиками: средняя плотность материала кирпича 1950 кг/м³, средняя плотность кирпича – 1400 кг/м³, водопоглощение – 8%, морозостойкость не менее 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания, пустотность кирпича – 33 %.

Таким образом, результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний свидетельствуют о возможности эффективной переработки шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера в качественные изделия с использованием метода полусухого прессования. При этом марка получаемого кирпича составляет М100-М300 в зависимости от количества шлакопортландцемента в сырьевой смеси.

Выводы

1. Изучено влияние полусухого прессования на прочность образцов из формовочных смесей на основе шламовых продуктов промывки отсевов Шархинского карьера. Показано, что оптимальное удельное давление прессования образцов из формовочных смесей, содержащих 10, 20, 30% шлакопортландцемента, составляет 30МПа.

2. С помощью рототабельного центрального композиционного плана проведена статическая обработка экспериментальных результатов и получено уравнение регрессии зависимости прочности образцов от давления прессования и содержания шлакопортландцемента в формовочной смеси.

3. Исследована микроструктура образцов и установлено, что полученный материал представляет собой однородный и прочный конгломерат, кристаллы новообразований равномерно распределены по массе и связывают частицы шлама.

4. Проведена опытно-промышленная проверка процесса полусухого прессования изделий из формовочных смесей на основе шлама Шархинского карьера. Установлена возможность получения высококачественного пустотелого кирпича марок М100-М300 при содержании шлакопортландцемента в смеси в пределах 10-30% (мас.)

Список литературы

1. Пахрудинов И.П. Бетоны на основе отсева щебеночных заводов [Текст]: дис. ...канд. Тех. наук: / Пахрудинов Исмаил Пирмагомедович. – Ростов-на-Дону, 2005. - 157 с.

2. Фомичева Г.Н. Неавтоклавный газобетон на основе дисперсных отходов камнедробления [Текст]: дис. ...канд. тех. наук: / Фомичева Галина Николаевна. – Новосибирск, 2005. - 141 с.

3. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст]: учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. - 368 с.

4. Поисковые исследования по использованию шламовых продуктов промывки отсевов

Шархинского карьера в производстве строительных материалов [Текст]: научно-технический отчет № гос. регистрации 01.9.10011042 / С.В.Ефанова [и др.]. – Симферополь. : НИПКТИ строительных материалов "Укрстромниипроект", 1991. – 115 с.

5. Долгарев А.В. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов [Текст]: справ. пособие / А.В. Долгарев. – М.: Стройиздат, 1990. – 456 с.

6. Пирогов Н. Л. Вторичные ресурсы: эффективность, опыт, перспективы [Текст] / Н.Л. Пирогов, С.П. Сушон, А.Г. Завалко; под ред. А.Е. Юрченко. - М. : Экономика, 1987. - 200 с.

7. Вознесенский В. А. Экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация в материаловедении [Текст] / В.А. Вознесенский. – К., - 1993. – 16 с.

8. Ермаков С. М. Математическая теория оптимального эксперимента [Текст] / С. М. Ермаков, А. А. Жиглявский. - М. : Наука, 1987. - 318 с.

9. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов [Текст] / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. - М.: Наука, 1965. - 340 с.

10. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей [Текст]: учебник / В. З. Бродский [и др.]. - М.: Металлургия, 1982. - 752 с.

Elkina I.I.

RECYCLING SLIME PRODUCT SHARHINSKOGO CAREER IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Summary. The effect moist pressing on the strength of the samples based on the sludge washing products screenings Sharhinskogo career. The properties of the samples and carried out the statistical processing the experimental results, the microstructure of samples studied. Produced pilot production test dry pressing process products from molding compounds on the basis of sludge Sharhinskogo career.

Keywords: sludge, slag, dry pressing, sample cylinders, compressive strength

УДК 550.34+624.04

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЕ С СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЕЙ

Кудлай Д. А.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: kudlay.dm@gmail.ru

Аннотация: Цель данного исследования состоит в разработке методики расчета здания на сейсмическую нагрузку, позволяющей учесть наличие в нем конструктивных особенностей фундамента, влияющих на снижение динамического воздействия, а также раскрыть основные проблемы, связанные с созданием сейсмоизолированных объектов.

Ключевые слова: кинематические опоры, сейсмоизоляция, выходящие связи, сейсмостойкая опора, сейсмостойкость, спектральный анализ.

Введение

Сейсмическая опасность является постоянно действующим фактором, влияющим на экономическое развитие в целом и на развитие строительной отрасли в частности, для многих территорий нашей планеты. В ходе заселения, люди старались по возможности обходить места, где наблюдались разрушительные природные явления, но численность населения растет и приходится возводить строительные объекты даже в местах высокой сейсмической опасности, где интенсивность воздействия по шкале MSK-64 превышает 9 баллов. В том числе, это касается и строительства объектов, разрушение или повреждение которых несет в себе опасность не только для конкретного региона или страны [8, 9], а для всей планеты в целом. Примером тому может служить авария на АЭС Фукусима I в Японии, которая произошла в результате сильного землетрясения 11 марта 2011 года. [1-2]

Все это делает актуальным вопросы, касающиеся развития и совершенствования современных систем активной сейсмозащиты, прежде всего сейсмоизоляции. Сейсмоизоляцией называется существенное снижение сейсмического воздействия на часть сооружения, расположенную выше фундамента, путем установки каких-либо систем или элементов между этой частью сооружения и фундаментом. [3]

На современном этапе развития способов сейсмозащиты существует достаточно большое количество конструктивных решений, позволяющих уменьшить усилия, вызванные смещением грунта. К сожалению, ни одно конструктивное решение само по себе не гарантирует полноценную защиту объекта от воздействия сейсмических волн, они лишь способны в той или иной мере уменьшить динамическое воздействие. Только грамотный расчет и конструирование элементов здания с учетом всех особенностей конструктивных решений позволит свести ущерб к минимуму.

Сам по себе расчет на сейсмические воздействия, по современным строительным нормам, представляется довольно сложным и практически непригодным для ручного счета процессом. [4] О том, как влияет на этот алгоритм наличие сейсмоизолирующих систем, практически нет никаких упоминаний. Очень часто именно отсутствие четкого алгоритма расчета и проектирования ограничивает более широкое распространение систем сейсмозащиты зданий, и, как следствие, тормозит развитие этого направления инженерной мысли.

Анализ материалов

В виду большого разнообразия способов сейсмозащиты не существует единого подхода к проектированию зданий и сооружений, обладающих конструктивными особенностями, снижающими динамическое воздействие. Кроме того, эффективная сейсмозащита должна сочетать в себе несколько решений одновременно, для повышения надежности системы.

Для достижения поставленной цели сузим область исследования до категории самой распространенной системы сейсмоизоляции – фундамента с кинематическими опорами. Однако и тут мы сталкиваемся с большим разнообразием конструктивных решений [10], но в чистом виде можно выделить всего три основных конструкции: резинометаллические опоры, опоры на подвесах и опоры в виде элементов качения [3, 12,].

Резинометаллические опоры наиболее часто встречаются в сейсмостойком строительстве, они не сложны в производстве и эксплуатации, хотя имеют не очень долгий срок службы, после чего требуют замены. Соппротивление таких опор смещению грунта имеет нелинейный вид и отличается в зависимости от производителя. Обычно компания, изготавливающая такие опоры, гарантирует снижение интенсивности воздействия на 1-2 балла, на этом и основывается расчет основных несущих конструкций здания.

Что касается опор на подвесах, то их использование ограничено целым рядом трудностей, связанных с их изготовлением и эксплуатацией. Наиболее простые варианты малоэффективны, а более совершенные очень сложны и дорогостоящи. Наиболее совершенный вид они приобрели в работах Фридхейма [7], который также разработал основные положения по их расчету и проектированию объектов с их использованием.

Последний класс, а именно, сейсмоизоляция с элементами качения, наиболее многочисленный с точки зрения различных форм конструктивных решений, реализующих один и тот же принцип. Они просты и дешевы в производстве, не требуют больших затрат на эксплуатацию, при грамотном проектировании могут с успехом выполнять свои функции в течение всего периода эксплуатации сооружения, и немаловажным фактором является то, что их можно достаточно просто сочетать с прочими системами сейсмозащиты. Они представляют, по мнению автора, наибольший интерес в качестве объекта исследования в данной работе.

Цель и постановка задачи исследования

Для дальнейшего развития современных систем сейсмозащиты требуется больше опыта создания реальных объектов и изучения их поведения в сейсмических волнах, но на сегодняшний день такие исследования носят зачастую теоретический характер. Причиной этому служат непонимание инженерами принципов проектирования и использования систем сейсмозащиты. Необходимо выработать системный подход и рассматривать здание как физическое тело, находящееся в подвижной системе координат. Это позволит расширить опыт сейсмостойкого проектирования.

Данная работа посвящена основным принципам проектирования зданий с сейсмоизоляциями в виде опор качения, как наиболее неизученным и перспективным в этой области постановки задачи.

При воздействии сейсмической нагрузки здание может быть разрушено в результате двух факторов: в результате резкого толчка, вызванного смещением грунта при вступлении продольной или поперечной волны или в результате стремительно нарастающего увеличения амплитуды колебательного движения, вызванного явлением резонанса. Если первый фактор в некоторой степени нивелируется использованием кинематических опор, то для исключения явления резонанса обычно

$$k = \frac{\varphi^2 (R_1 + R_2) + g}{(R_1 + R_2)^2 - 2(R_1 + R_2)(c_1 + c_2)\cos\varphi + (c_1 + c_2)^2} (c_1 + c_2), \quad (1)$$

Где

R_1 – верхний радиус кривизны зерна.(рис.1)

R_2 – нижний радиус кривизны зерна.

O_1 и O_2 – соответственно центры кривизны.

c_1 и c_2 – расстояния от центров кривизны до центра масс соответственно.

φ – угол наклона оси симметрии зерна изоляции, который принят в качестве обобщенной координаты.

g – ускорение свободного падения.

требуется использование дополнительных конструктивных мер, например установка включающихся или выключающихся связей. [3, 5] Использование выключающихся связей в сочетании с кинематическими опорами более предпочтительно, поскольку в этом случае кинематические опоры разгружены, имеют более долгий срок службы и не нарушают режим нормальной эксплуатации здания в отсутствие динамического воздействия.

Таким образом, задача оценки сейсмического воздействия на объект, изолированный кинематическим фундаментом с опорами качения, усложняется одновременным использованием системы выключающихся связей, однако, без совместного использования этих двух систем сейсмозащиты невозможна полноценная и эффективная защита здания от динамических нагрузок.

Основные результаты и их анализ

Расчет здания на сейсмические воздействия будет проходить в 2 этапа, для режима нормальной эксплуатации объекта или при незначительном динамическом воздействии, и при наличии сильных толчков, когда в работу включаются кинематические опоры.

Эффективность работы кинематических опор определяется соотношением частоты собственных колебаний системы на этих опорах и частоты внешнего воздействия, чем больше разница между ними, тем больший эффект оказывает сейсмоизоляция. Также каждая такая система имеет свои ограничения в работе, обычно они связаны с максимально возможным смещением, которое может воспринять опора.

При определенном ускорении грунта, которое обусловлено максимальной балльностью частота и амплитуда связаны между собой, чем ниже частота тем больше амплитуда колебания. Таким образом для систем с кинематическими опорами самыми неблагоприятными являются низкие частоты, в области которых находится и их собственная частота колебаний.

Первым этапом в определении сейсмической нагрузки на элементы здания с сейсмоизоляцией является определение собственной частоты колебаний полученной системы. Для примера приведем формулу для частоты колебания катковой сейсмоизоляции с одной степенью свободы, описанной в работе В.В. Назина [6] :

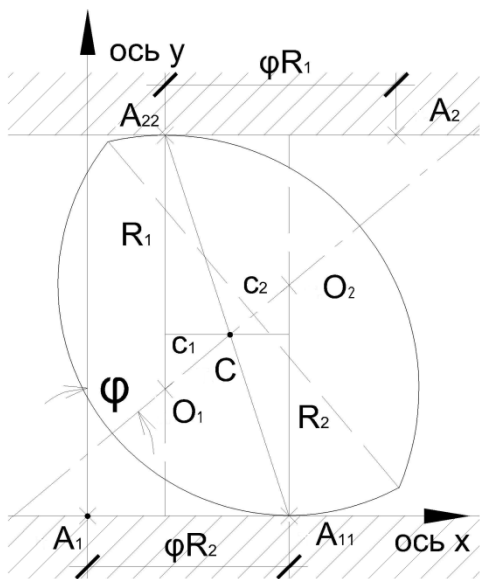


Рис. 1. Схема элемента сейсмоизоляции при смещении

Эту формулу можно получить, используя уравнение Лагранжа II рода, взяв за основу движение точки центра масс здания на таких опорах по укороченной циклоиде [11]. Вычислив частоту собственных колебаний системы можно ввести граничные условия для расчета, т.е. выявить частотные зоны, для которых изоляция окажется не эффективной и постараться нивелировать этот недостаток за счет использования выключающихся связей.

Для наглядной демонстрации эффективности работы катковой изоляции в разных диапазонах частот был поставлен эксперимент с

использованием лабораторной модели. Элементы изоляции были выполнены из полимерного материала, а в качестве изолированного объекта использовался сейсмоприемник СМ-3КВ. Модель прокачивалась на разных частотах при помощи стэнда для калибровки сейсмометрических каналов. Колебательный процесс записывался при помощи АЦП в цифровом виде и обрабатывался в программе MathCAD.(рис.2)

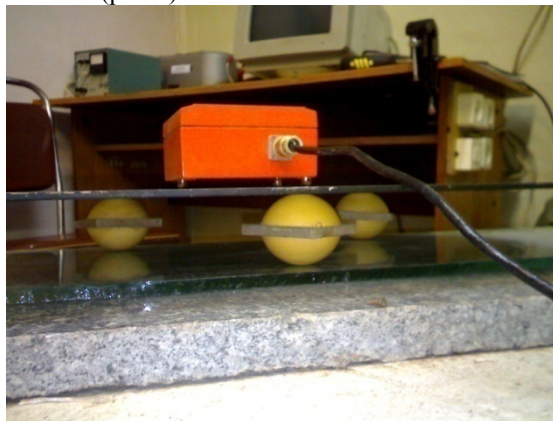


Рис. 2. Лабораторная модель

На следующем рисунке показана кривая, которая описывает отношение максимумов спектров (максимальной амплитуды в вольтах) внешнего воздействия и максимумов спектров сигнала, записанного на сейсмоизоляции при различных частотах входного сигнала (рис.3). Это экспериментальная кривая, которая демонстрирует уменьшение амплитуды, следовательно, и сейсмической силы, при использовании сейсмоизоляции, но такую кривую можно построить и аналитически.

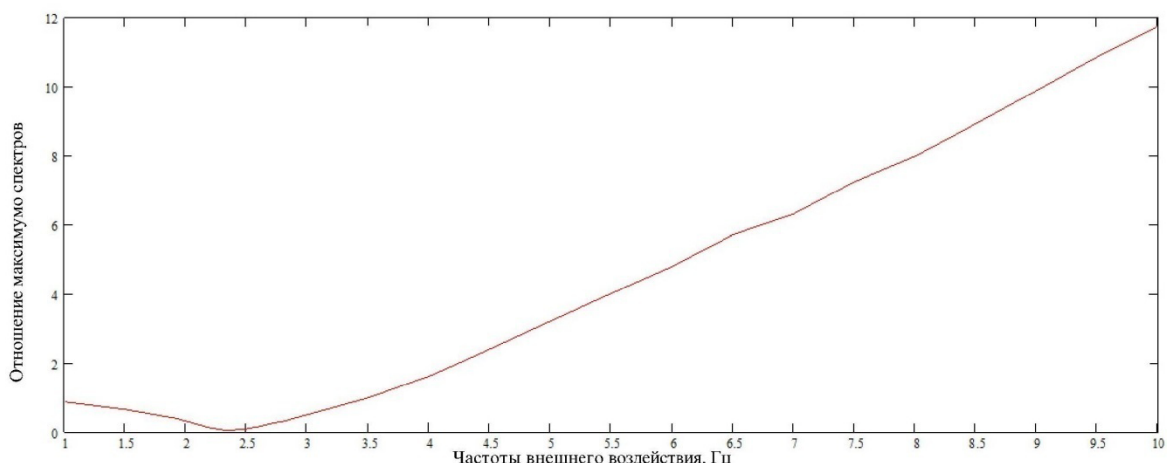


Рис. 3. График эффективности сейсмоизоляции на различных частотах воздействия

На предложенном графике видно, что в диапазоне от 0 до 3,5 Гц изоляция не только не эффективна, но и может усилить амплитуды колебаний вследствие резонанса. Однако после 4,5 Гц изоляция

способна снизить сейсмическое воздействие на 1-3 балла по шкале MSK-64. Таким образом, необходимо проектировать выключающиеся связи на восприятие сейсмических сил в диапазоне частот до 4,5 Гц. Этот

расчет не будет сильно отличаться от описанного в СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», так как выключающиеся связи могут быть выполнены как обычные колонны.

Второй этап расчета будет вестись только для конструкций, расположенных выше сейсмоизолирующих опор, но для заниженного уровня балльности в зависимости от преимущественных частот колебаний местных землетрясений. Такой подход позволит экономично проектировать конструкции в сейсмически опасных районах и не отходить от требований действующих норм.

Соответственно, подбор сечений и арматуры для основных конструкций здания назначаются исходя из максимальных значений, полученных по одному из двух этапов.

Выводы

1. Системы с кинематическими опорами при проектировании наиболее выгодно сочетать с системами выключающихся связей.

2. При правильном расчете, возможно, свести к минимуму опасность возникновения резонансных явлений и снизить сейсмическое воздействие на 1-3 балла.

3. Проектирование зданий с системами сейсмоизоляции требует детального изучения и обязательного научного сопровождения со стороны ведущих строительных вузов, а также научно-исследовательских институтов.

4. Расчет усилий для несущих элементов здания определяется по результатам вариативного расчета отдельно для выключающихся связей и отдельно для работы здания на кинематических опорах.

5. При проектировании необходимо учитывать не только максимальное ускорение грунта в сейсмической волне, но и частотный состав сейсмического сигнала.

Список литературы

1. Землетрясение в Японии (2011) [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия «Википедия»/американская некоммерческая организация «Фонд Викимедиа». – Электронный журнал. – Режим доступа к журналу: <http://ru.wikipedia.org>, свободный.

2. Earthquake Information. [Электронный ресурс]/Japan Meteorological Agency – Электрон. Текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.jma.go.jp/en/quake/>, свободный.

3. Поляков В.С. Современные методы сейсмозащиты зданий [Текст]/ В.С. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. – М.: Стройиздат, 1989. – 320с.

4. Свод правил: СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81* [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: [б.и.], 2014. – 126с.

5. Айзенберг Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов [Текст]/ Я.М. Айзенберг. – М.: Стройиздат, 1976. – 232с.

6. Назин, В.В. Некоторые конструктивные мероприятия, уменьшающие сейсмическое воздействие на здания [Текст]/ В.В. Назин// Сейсмичность, сейсмическая опасность Крыма и сейсмостойкость строительства. Материалы Всесоюзной конференции. Академия наук УССР: сб. статей/Институт геофизики. – Киев: Наукова думка, 1972. – С. 147-159.

7. Пат. 70923 Украина, МПК E04H 9/02 E02D 27/34. Спосіб захисту від землетрусів шляхом розв'язаного від коливань встановлення будівель і об'єктів на опори через віртуальні маятники з великим періодом коливання [Текст]/ Бирвирт Фридхейм.; заявитель и правообладатель Бирвирт Фридхейм; опубл. 15.11.2004, Бюл. №11. – 10с.

8. Бугаевский Г.Н. Основы сейсмологии и динамической теории сейсмостойкости [Текст]/ Г.Н. Бугаевский. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2010. – 256 с.

9. Бугаевский Г.Н. Проблема сейсмической опасности для путепровода Керчь-Кубань [Текст]/ Г.Н. Бугаевский// Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр./Крымская академия природоохранного и курортного строительства. – Симферополь, 2001. – Вып. 4. – С. 208-216.

10. Мартынов Н.В. Классификация как средство компактного представления особенностей и возможностей систем и элементов сейсмозащиты [Текст]/ Н.В. Мартынов// Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр./Крымская академия природоохранного и курортного строительства. – Симферополь, 2003. – Вып. 8. – С. 78-85.

11. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Механика. Т.1 [Текст]/ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1988. – 215с.

12. Казина Г.А. Современные методы сейсмозащиты зданий и сооружений. Обзор [Текст]/ Г.А. Казина, Л.Ш. Килимник. – М.: ВНИИИС, 1987. – 65с.

Kudlay D. A.

ASSESSMENT OF SEISMIC EFFECTS ON BUILDINGS WITH SEISMIC ISOLATION

Summary: Research objective – creation of a technique of designing of elements of building under seismic load, which allows to taking into account of foundation elements that reduce seismic action and identify key issues associated with the creation of seismic isolated objects.

Keywords: Kinematic supports, seismic isolation, collapsing support, earthquake support, earthquake resistance, spectral analysis

УДК 691.215

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА КИНЕТИКУ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ ИЗВЕСТКОВОГО КАМНЯ ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ЕГО ПРОЧНОСТИ

Любомирский Н.В., Федоркин С.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: niklub.ua@gmail.com

Аннотация. Принудительная карбонизация известковых строительных материалов является не только одним из эффективным способом организации ускоренных режимов твердения и направленного формирования свойств изделий на основе известки, но и актуальным направлением решения глобальных проблем охраны окружающей среды, ресурсо- и энергосбережения. Несмотря на простоту принципов процесса карбонизации известки, организация принудительной карбонизаций связана с рядом сложностей, особенно в отношении среды, в которой она происходит. Одним из факторов, определяющим скорость карбонизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ является давление CO_2 . В статье приведены результаты исследований влияния количества углекислого газа на кинетику принудительной карбонизации образцов известкового камня полусухого прессования в зависимости от их водосодержания и температуры среды. Результаты экспериментальных исследований показали, что давление углекислого газа и температура не оказывают определяющего влияния на степень карбонизации известки, но являются важными показателями, регулирующими скорость превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 . Получена зависимость скорости карбонизации известковых образцов полусухого прессования от давления и температуры. Показано, что формирование прочностных показателей искусственного каменного материала на основе известки карбонизационного типа твердения зависит от степени карбонизации известкового вяжущего.

Ключевые слова: известь, углекислый газ, принудительная карбонизация, карбонат кальция, кинетика, полусухое прессование, прочность на сжатие.

Введение

В последнее время наблюдается повышенный спрос на биопозитивные строительные материалы природного происхождения. Однако, глобальная проблема истощения природных ресурсов и, связанное с этим, нарушение экологического равновесия, требует бережного и рачительного отношения к природной сырьевой базе, что, в свою очередь, тормозит насыщение рынка природными экологически чистыми строительными материалами и изделиями. В сложившейся ситуации исследователи вынуждены направлять свои усилия на разработку искусственных экологически чистых строительных изделий.

Одним из наидревнейших строительных материалов, экологичность которого не вызывает сомнений, является известь. Многочисленные вековые каменные кладки, скрепленные растворами на основе известки, являются неоспоримым доказательством долговечности известковых материалов [1, 2]. Вместе с тем, неспособность известки твердеть во влажной среде и продолжительное время набора прочности и водостойкости материалов на ее основе, главным образом, из-за медленной карбонизации гидроксида кальция, привели к ограниченному использованию известковых вяжущих в традиционных технологиях производства строительных изделий. Решение проблемы медленной карбонизации известки в атмосферных условиях позволит получать искусственные биопозитивные материалы и изделия, которые по своим характеристикам будут

соответствовать природным известнякам и мрамору. Ускорить процесс карбонизации известки, можно путем создания искусственных сред с повышенными концентрациями и увеличенным количеством углекислого газа, вступающего в химическую реакцию карбонизации с гидроксидом кальция, в специальных камерах карбонизационного твердения.

Анализ публикаций, материалов, методов

Анализ публикаций, посвященных исследованию вопросов принудительной карбонизации известковых и доломитовых вяжущих и получению на их основе строительных материалов и изделий, позволяет выделить два периода активного научного интереса к данной проблеме: первый приходится на середину XX века, второй – наблюдается в мировом сообществе в настоящее время и связан с поиском наиболее эффективных методов улавливания и использования диоксида углерода. Значительная часть исследований, которые проводились в середине XX века, как в СССР [3 – 5], так и за рубежом [6 – 9], были посвящены технологическим принципам и особенностям получения прочных и водостойких материалов на основе известки карбонизационного [3, 4, 6, 7], а также улучшения свойств известковых материалов, полученных традиционными способами твердения [5]. Исследования, посвященные проблеме карбонизационного твердения известковых вяжущих, в том числе принудительного, которые в основном проводятся в мире в последнее время, определяют

физико-химические особенности взаимодействия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с CO_2 [10–12], условия формирования кристаллов новообразованного карбоната кальция – продукта реакции карбонизации извести [13, 14], а также оптимальные технологические параметры получения карбонизированных материалов [15, 16]. Практически все исследователи отмечают процесс принудительной карбонизации извести как сложный, зависящий от множества технологических факторов: влажности и водосодержания известкового теста, температуры карбонизации, концентрации углекислого газа, дисперсности частиц извести, времени карбонизации и т.д., причем каждый из них при определенных условиях может быть определяющим. Установлено, что углекислота активно взаимодействует с известью лишь при определенной влажности изделий, в связи с чем, некоторые ученые предлагают производить подсушку известковых изделий в процессе их карбонизации [3, 4, 7]. Однако, повышение температуры снижает растворимость гидроксида кальция и углекислого газа, что тормозит процесс карбонизации, поскольку, взаимодействие $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CO_2 происходит через растворение обоих веществ [6–8]. Важным фактором, является и концентрация углекислого газа. В работах [3, 7, 8, 13, 14] показано, что с увеличением концентрации углекислого газа темп карбонизации известкового вяжущего повышается, не изменяя при этом природы реакции.

Анализ данных литературных источников, а также собственные экспериментально-теоретические исследования карбонизационного твердения извести [17–20] позволили выделить основные группы технологических факторов, от которых зависит возможность осуществления и скорость протекания реакции карбонизации гидроксида кальция и получение прочных и водостойких изделий. Во-первых, это группа факторов, формирующих оптимальные условия для осуществления принудительной карбонизации извести, главным образом, за счет регулирования водосодержания известкового теста, стремясь свести его к возможному минимуму, температуры, а также концентрации углекислого газа. Вторую группу составляют факторы, позволяющие получать изделия требуемой геометрической формы и обладающие такой начальной дисперсной макроструктурой материала, которая будет обеспечивать свободный доступ углекислого газа к частицам извести.

Одним из эффективных приемов, позволяющим учесть вышеуказанные требования, является формирование изделий способом полусухого прессования сырьевой смеси. Прессование сырьевых смесей с малым количеством воды за счет искусственного сближения частиц и создания контактов между ними формирует изделие с начальной прочной дисперсной структурой материала, которая характеризуется значительным количеством открытых мелких пор [10, 20].

Столь значительная зависимость твердения известковых материалов, осуществляемого в условиях принудительной карбонизации, от множества технологических факторов, требует комплексного

исследования процесса карбонизации извести. Влияние таких определяющих принудительную карбонизацию извести факторов, как водосодержание известкового теста, температура и время карбонизации изучено достаточно подробно [3, 5, 7, 8, 13, 17–20]. При этом, влияние давления углекислого газа на протекание процесса принудительной карбонизации систем на основе извести и формирование прочностных свойств материалов на их основе практически не изучалось.

Цель и постановка задач исследований

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является установить закономерности влияния давления углекислого газа на кинетику процессов твердения и формирования прочностных свойств известкового камня полусухого прессования в результате принудительной карбонизации их в зависимости от других основных технологических факторов (водосодержания и температуры), влияющих на карбонизационное твердение известковых систем.

Для достижения поставленной цели были поставлены и реализованы следующие задачи:

- исследована кинетика превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 (степень карбонизации) в результате принудительной карбонизации известковых образцов полусухого прессования в зависимости от давления CO_2 , температуры и водосодержания образцов;
- определена зависимость скорости карбонизации известковых образцов полусухого прессования от давления углекислого газа;
- установлена особенность формирования прочности на сжатие карбонизированных известковых образцов полусухого прессования в зависимости от степени карбонизации извести.

Методика исследований

В работе использовали негашеную известь, представляющую собой продукт мягкого обжига плотной карбонатной породы крупностью от 5 до 10 мм. Известь характеризовалась следующими свойствами: активность – 68 %; время гашения – 120 с; температура гашения – 370 К.

Для изготовления опытных образцов известь гасили в пушонку. Продукт гашения с целью удаления примесей в виде «недожога» и непогасившихся зерен просеивали через сито с размером отверстий 1,25 мм, и высушивали при температуре 373 К до постоянной массы. Согласно химическому составу (табл. 1), гашеная известь состоит на 85,7 % мас. из гидроксида кальция, кроме этого в ней содержится карбонат кальция – около 8,5 % (в пересчете на CO_2), прочие примеси составляют 4,8 % мас.

Кинетику принудительной карбонизации известковых образцов полусухого прессования изучали по специально разработанной методике статическим методом в замкнутой системе. Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

Таблица 1
Химический состав гашеной извести, % мас.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂	Σокс	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	п.п.п.
2,07	1,21	0,39	< 0,05	71,2	0,59	0,02	0,16	0,08	0,05	0,15	3,73	99,98	–	20,33	24,06

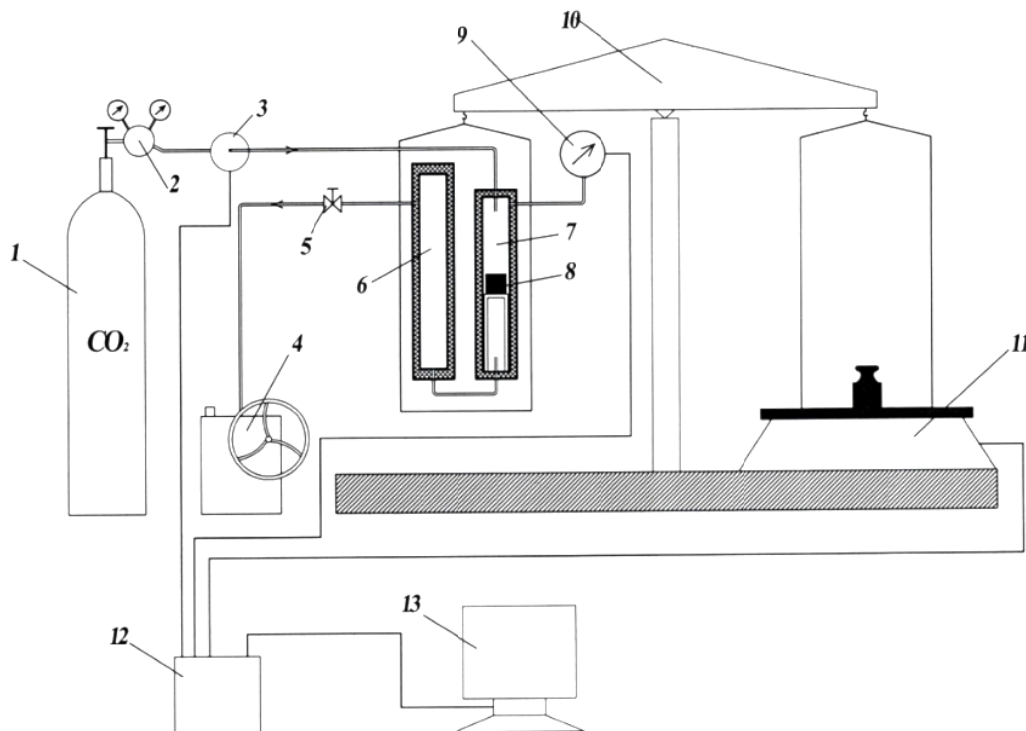


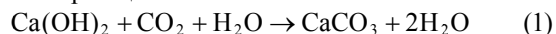
Рис. 1. Схема установки для изучения кинетики карбонизации извести:

1 – газовый баллон с CO₂; 2 – редуктор; 3 – электрический клапан; 4 – вакуумный насос; 5 – кран; 6 – буферная емкость; 7 – реактор; 8 – опытный образец; 9 – следящий мановакуумметр; 10 – плечевые весы; 11 – электронные весы; 12 – блок управления; 13 – компьютер.

Принцип работы установки основан на регистрации изменения массы известковых образцов при взаимодействии его с углекислым газом при заданных давлении CO₂ и температуре. Повышенное давление создается путем регулирования редуктора 2 на баллоне с CO₂ 1 (рис. 1). Пониженное давление создается с помощью вакуум-насоса 4. Установленное давление в реакторе (камере карбонизации) 7 поддерживается с помощью следящего мановакуумметра, который при изменении давления в камере подает соответствующий сигнал, в случае поддержания повышенных давлений на открытие клапана 3, а в случае проведения опыта в условиях разрежения на запуск вакуум-насоса. Реакционная камера имеет водяную рубашку для поддержания в ней требуемой температуры опыта. Буферная емкость 6 также имеет водяную рубашку и предназначена для конденсации в ней водяного пара при просасывании сквозь реактор CO₂. Таким образом, система является замкнутой. Регистрация изменения массы системы осуществляется по сигналам электронных весов специально разработанной компьютерной программой,

которая строит соответствующие графики кинетики карбонизации известкового теста.

Степень превращения Ca(OH)₂ в CaCO₃, или степень карбонизации извести определяли по отношению массы гидроксида кальция к теоретическому приросту массы Ca(OH)₂ в процессе перехода его в CaCO₃ согласно химическому уравнению реакции:



по формуле:

$$\alpha = \frac{\Delta m_{\text{обр.}}}{1,351 \cdot m_{\text{Ca(OH)}_2} - m_{\text{Ca(OH)}_2}} \times 100\%, \quad (2)$$

где Δm – приращение массы известкового образца в любой момент времени карбонизации, г;

1,351 – коэффициент, учитывающий изменение массы системы при 100 % превращении Ca(OH)₂ в CaCO₃;

$m_{\text{Ca(OH)}_2}$ – масса Ca(OH)₂ в образце, г

Исследования проводили на известковых образцах-цилиндрах полусухого прессования

диаметром 30 мм. Навеска извести для изготовления опытных образцов составляла 20 г, давление прессования – 10 МПа. Масса извести и давление прессования выбраны на основании проведенных предварительных опытов. Начальное водосодержание опытных известковых образцов варьировалось от 1 до 25 % мас. Поскольку, количество углекислого газа в реакторе, где происходит принудительная карбонизация, удобней всего регулировать и контролировать давлением, то изучение процесса карбонизации известковых образцов проводилось в специально создаваемых условиях при различных давлениях CO_2 в среде 100 % концентрации углекислого газа при разных

температурах – при 293, 313 и 333 К. Величины давлений углекислого газа варьировались в широком диапазоне: от давлений разрежения (от 0,02 МПа), до избыточных давлений (до 0,5 МПа).

Результаты и их анализ

Экспериментальные данные изменения степени превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 в результате принудительной карбонизации известковых образцов полусухого прессования с различным начальным водосодержанием в зависимости от температуры и давления CO_2 , поддерживаемых в карбонизационной камере, представлены на рис. 2.

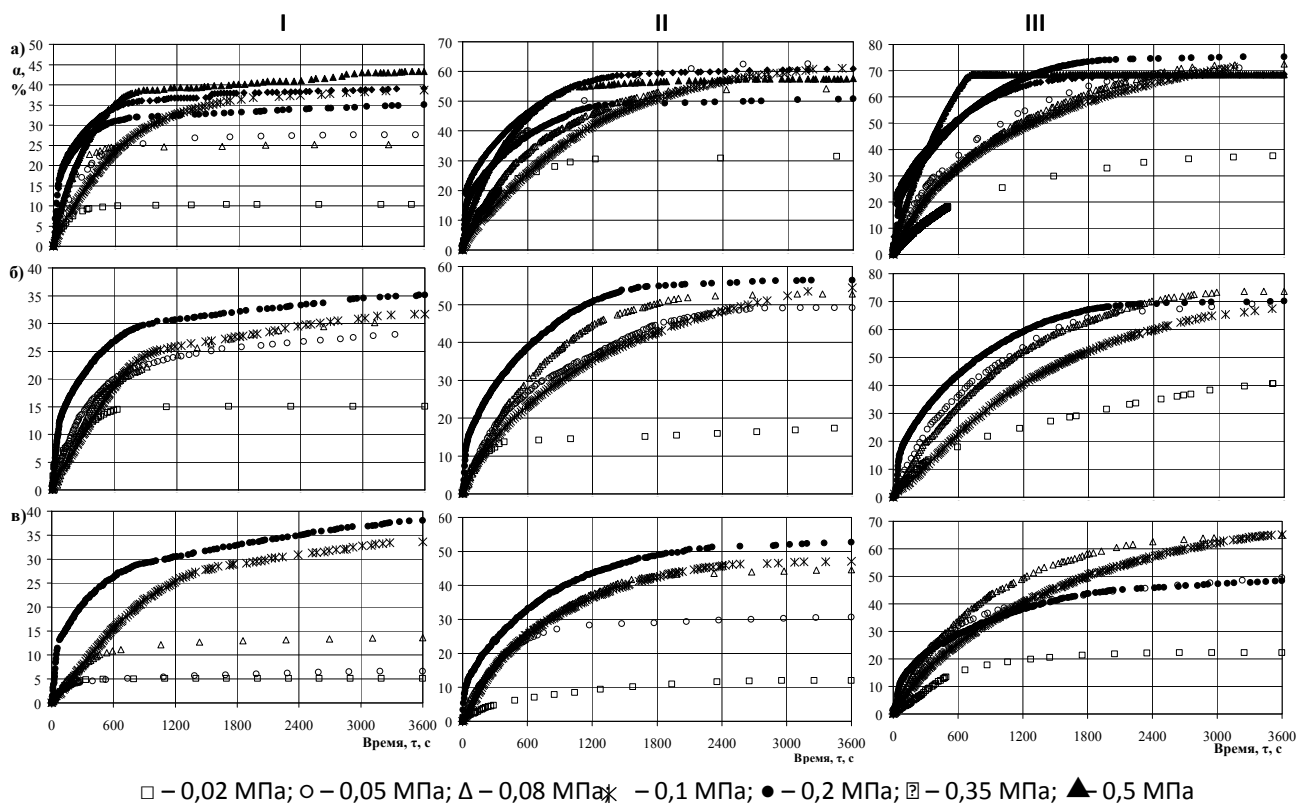


Рис. 2. Изменение показателя степени карбонизации известковых образцов от давления CO_2 в зависимости от начального водосодержания извести, % мас.: I – 1; II – 5; III – 10 и температуры карбонизации, К: а) – 293; б) – 313; в) – 333

Общий анализ кривых кинетики карбонизации известковых образцов-цилиндров полусухого прессования показывает, что показатель степени карбонизации извести растет с повышением давления и увеличением начального водосодержания извести, а с повышением температуры имеет тенденцию к снижению. Причем, различные вариации исследуемых факторов, проявляют определенные особенности карбонизации извести.

При температуре 293 К и начальном водосодержании извести 10 % мас. (рис. 2, III а) кинетические кривые, характеризующие развитие карбонизации опытных образцов при давлениях ниже атмосферного (0,05 – 0,1 МПа) практически совпадали.

Разность показателей степени преобразования находится в пределах от 1 до 3 %. С повышением давления выше атмосферного скорость карбонизации известковых образцов возрастает, особенно в начальной стадии карбонизации, охватывающей период от 0 до 1200 с. Значительно отличается от других кривая карбонизации известковых образцов при давлении CO_2 0,5 МПа. Эта кривая характеризуется наличием двух периодов: первый период, охватывающий с 0 по 750 с, в течение которого наблюдается превращение извести в карбонат кальция с постоянной скоростью до максимального значения 68,5 % и второй период, при котором степень превращения гидроксида в карбонат кальция не изменяется. Степень карбонизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ после 3600 с при давлениях выше

атмосферного совпадает с показателями степени превращения образцов, карбонизируемых в условиях разрежения в интервале давлений от 0,05 до 0,1 МПа. Однако, с повышением давления выше атмосферного (с 0,2 до 0,5 МПа) показатель α снижается с 75,3 до 68,5 %. С понижением давления CO_2 до 0,002 МПа степень превращения извести в карбонат кальция минимальная и составляет 37,6 %.

С повышением температуры карбонизации до 303 К (рис. 2, б) расхождение показателей степени превращения образцов, карбонизируемых при различных давлениях, несколько выше, чем при температуре 293 К, однако общая картина расположения кинетических кривых и показателей степени карбонизации практически не изменяется.

При температуре 333 К (рис. 2, в) становится несколько заметней изменение скорости и степени превращения в зависимости от давления: в условиях разрежения с ростом давления до 0,08 МПа показатели увеличиваются, а при увеличении давления до атмосферного (0,1 МПа) и выше (до 0,2 МПа) – снижаются. Степень превращения гидроксида в карбонат кальция в опытных образцах после 3600 с принудительной карбонизации в сравнении с карбонизацией образцов при 293 К снижается на: 40,7 % при давлении 0,02 МПа, 30,5 % – при 0,05 МПа, 10,5 % – при 0,08 МПа, 9,7 % – при 0,1 МПа и 35,9 % – при 0,2 МПа.

Из графиков скорости карбонизации опытных известковых образцов в зависимости от исследуемых факторов (рис. 3) наглядно, что процесс карбонизации известковых образцов полусухого прессования соответствует мгновенному вступлению извести в химическое взаимодействие с углекислым газом. При этом, как показатели скорости карбонизации, так и характер ее изменения зависят от всех исследуемых факторов. Давление CO_2 в наибольшей степени влияет на скорость карбонизации извести, что объясняется увеличением количества углекислого газа в камере карбонизации и, соответственно, адсорбируемого на частицах $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Причем максимальная скорость карбонизации наблюдается при давлении CO_2 0,35 МПа. С увеличением давления углекислого газа в камере карбонизации до 0,5 МПа скорость превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 уменьшается, что является кажущимся явлением и объясняется следующим образом. С увеличением давления CO_2 с 0,35 до 0,5 МПа скорость карбонизации резко возрастает, вследствие чего выделяется большое количество воды – второго продукта карбонизации (уравнение 1), которая заполняет пространство между частицами извести и затрудняет диффузию углекислого газа во внутренние слои образца, тем самым замедляя процесс карбонизации известкового образца в целом.

С увеличением начального водосодержания известковых образцов от 1 до 10 % мас. скорость карбонизации увеличивается вследствие более активного перехода $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CO_2 в раствор. Однако, с повышением температуры скорость превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 снижается, что, в большей степени,

связано с уменьшением растворения как $\text{Ca}(\text{OH})_2$, так и CO_2 в воде [9, 21].

Анализ абсолютных значений степени превращения гидроксида в карбонат кальция и скорости карбонизации известковых образцов в зависимости от давления углекислого газа, водосодержания известкового вяжущего и поддерживаемой температуры в камере карбонизации показал следующее.

При проведении карбонизации в условиях разрежения при давлениях CO_2 ниже атмосферного с понижением давления снижается и показатель степени карбонизации известкового вяжущего. Максимальные значения показателя α за 3600 с принудительной карбонизации опытных образцов достигаются при атмосферном давлении углекислого газа в камере карбонизации (0,1 МПа), однако, скорость принудительной карбонизации увеличивается с увеличением давления CO_2 .

С увеличением водосодержания от 1 до 10 % мас. показатели степени превращения α возрастают в 2–3 раза. Максимальных значений степени карбонизации можно достичь при содержании воды в известковом тесте в интервале от 10 до 20 % мас. Дальнейшее увеличение водосодержания воды в известковом тесте снижает показатели степени превращения и тормозит процесс карбонизации извести, из-за затрудненного доступа углекислого газа к зернам гидрата кальция сквозь толстые пленки воды, обволакивающие эти зерна, и закупорки пор водой в образце.

Оптимальной температурой карбонизации известкового вяжущего является температурный интервал 293–313 К, с повышением температуры неизменно наблюдается снижение показателей α . Возможной причиной этому может быть связывание части $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с примесью кремнезема (SiO_2) и образованием некоторого количества гидросиликатов кальция.

Первичный массив данных дал основание к заключению о существовании зависимости скорости процесса от давления. Для установления взаимосвязи между скоростью карбонизации извести и давлением проведен анализ зависимости скорости процесса от давления CO_2 . С этой целью были рассмотрены начальные участки кинетических кривых $\alpha = f(\tau)$, когда наблюдалась максимальная скорость превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 , т.е., в интервале от 0 до 300 с в диапазоне давлений от 0,02 до 0,1 МПа и в интервале от 0 до 50 с в диапазоне давлений от 0,1 до 0,5 МПа. На рис. 4 приведены результаты измерений для температуры 293 К и водосодержания известкового вяжущего 1 и 10 % мас., из которых видно, что скорость процесса в начальной стадии в двух рассматриваемых диапазонах давлений изменяется так же, как и в течение времени, когда скорость реакции карбонизации стабилизируется и процесс переходит в стадию постепенного снижения скорости превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 .

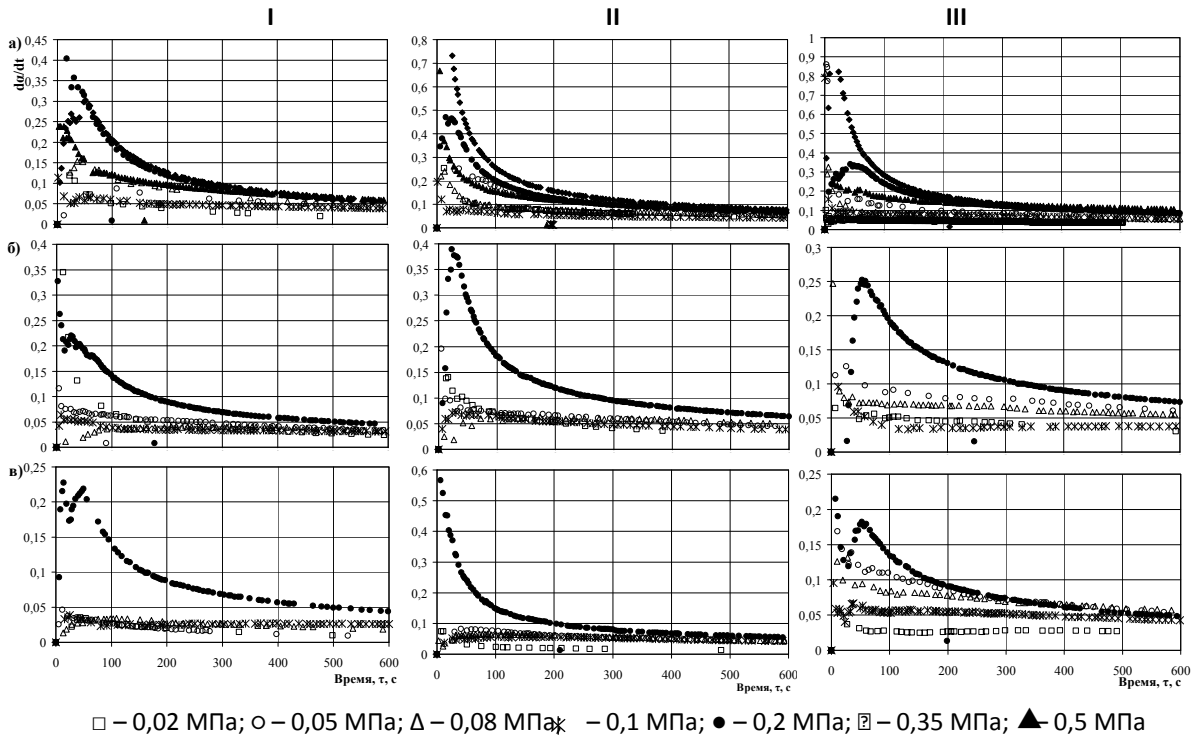


Рис. 3. Изменение скорости карбонизации известковых образцов в зависимости от давления углекислого газа, начального водосодержания извести и температуры: I, II, III, а), б), в) – те же, что и на рис. 2

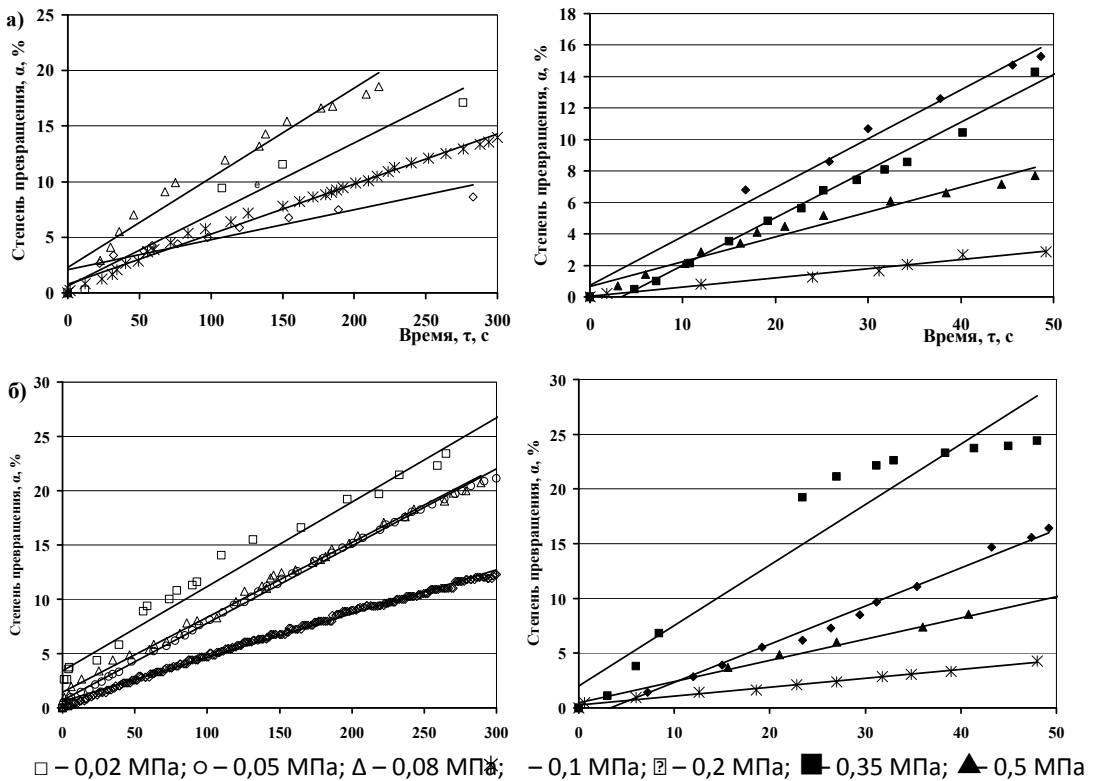


Рис. 4. Начальные участки кинетических кривых, характеризующих развитие процесса карбонизации известковых образцов полусухого прессования при различных давлениях CO_2 , при температуре 293 К в зависимости от начального водосодержания, % мас.: а) – 1; б) – 10.

Графическое представление максимальной скорости процесса, точнее, величины $\frac{d\alpha}{dt}$, пропорциональной максимальной скорости, от давления показало, что $\frac{d\alpha}{dt}$ постепенно нелинейно возрастала с давлением. Линеаризация данных в

координатах $\ln\left(\frac{d\alpha}{dt}\right) = f(\ln P)$ свидетельствует о зависимости скорости превращения от давления и о существовании определенных закономерностей скорости от условий карбонизации извести при разрежении, атмосферном и избыточных давлениях и начального водосодержания (рис. 5).

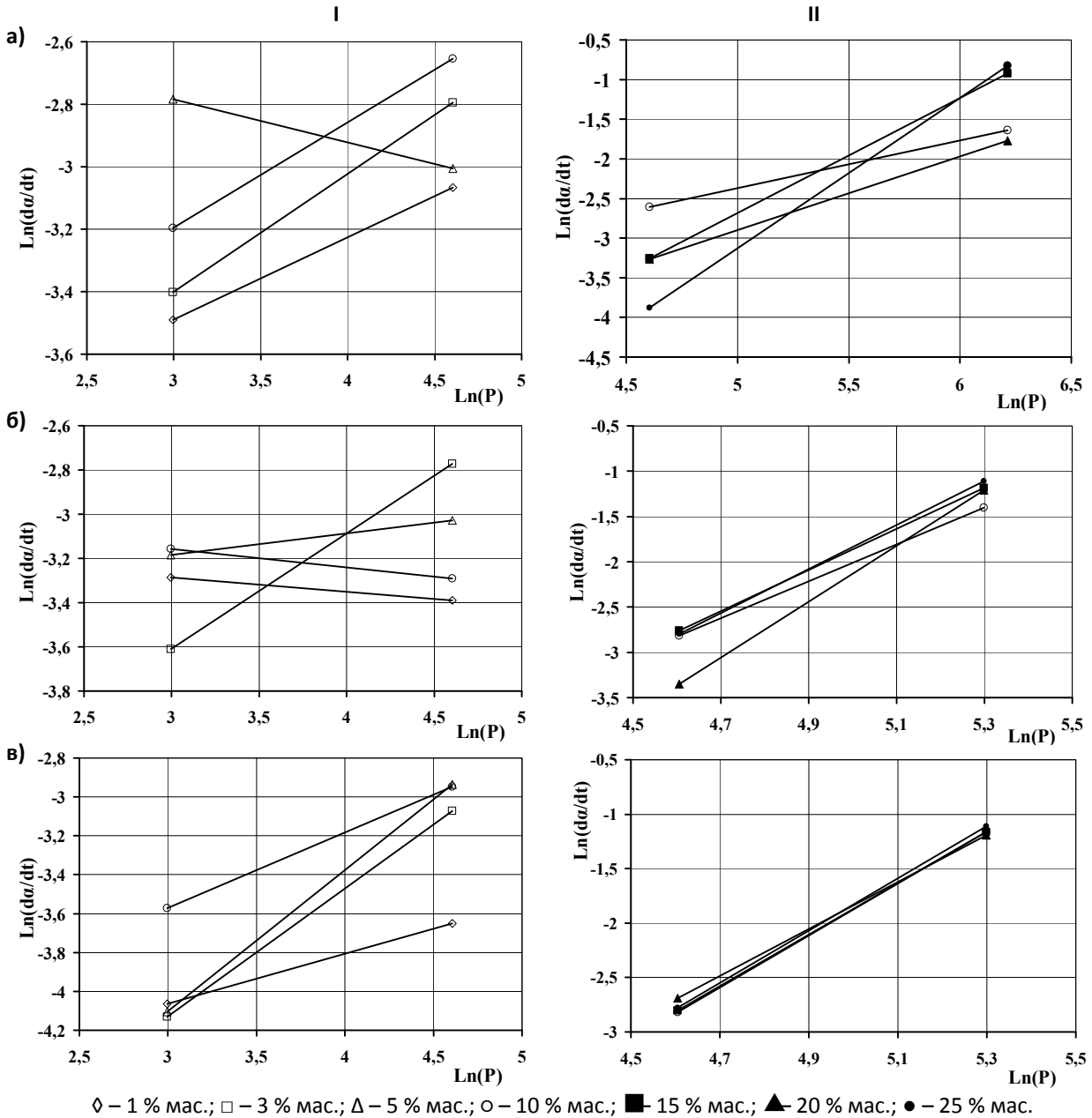


Рис. 5. Зависимость скорости карбонизации известкового вяжущего от давления CO_2 и начального водосодержания при давлениях ниже атмосферного (I) и выше атмосферного (II) при разных температурах принудительной карбонизации, К: а) – 293; б) – 313; в) – 333

Максимальная скорость карбонизации (см. рис. 5) растет с увеличением давления, а характер изменения скорости подчинен некоторым закономерностям, которые проявляются в зависимости от того при каких давлениях осуществляется процесс карбонизации (при

давлениях ниже атмосферного или избыточных давлений), а также от температуры.

В условиях разрежения (см. рис. 5, I) при температуре 293 К скорость карбонизации в целом увеличивается с увеличением давления, с повышением температуры до 313 К показатель

$d\alpha/dt$ увеличивается при низких давлениях и практически не изменяется с повышением давления CO_2 до 0,1 МПа. С повышением температуры до 333 К значения показателя скорости карбонизации снижаются, но закономерно растут с повышением давления CO_2 . Эта закономерность свидетельствует, что при температурах около 313 К, когда создаются условия для дегидратации и удаления воды в холодную зону системы и, в результате чего, упрощается доступ CO_2 к частицам $\text{Ca}(\text{OH})_2$, протекание процесса в условиях разрежения практически перестает зависеть от величины давления углекислого газа.

При давлениях выше атмосферного начальная скорость карбонизации заметно возрастает и растет с дальнейшим повышением давления. Столь заметное ускорение степени превращения гидроксида в карбонат связано облегченным транспортированием CO_2 через поры материала опытного образца к частицам $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и, соответственно, большей суммарной площадью частиц извести, вступающей в реакцию. С повышением температуры скорость реакции карбонизации известковых образцов практически перестает зависеть от их начального водосодержания (рис. 5, II б, в).

В целом, в аналитической форме взаимосвязь скорости карбонизации образцов из известкового вяжущего полусухого прессования от давления для различных температур выражается уравнением:

$$\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)_T = \text{const}(P_{\text{CO}_2})^m. \quad (3)$$

Степень «m» в уравнении (3) зависит от диапазона давлений CO_2 и температуры. При карбонизации в условиях разрежения в диапазоне давлений CO_2 от 0,02 до 0,1 МПа при температурах карбонизации 293, 313, 333 К степень «m» принимает в среднем значения 0,2, 0 и 0,5, соответственно. В условиях избыточного давления CO_2 при тех же температурах карбонизации степень «m» принимает средние значения 1,2; 2,5 и 2,3, соответственно.

Можно предположить, что наблюдаемые на опыте зависимость скорости карбонизации извести от давления углекислого газа обусловлена также механизмом адсорбции CO_2 на поверхности кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а именно то, что общее количество молекул CO_2 , хемосорбирующихся на гидроксильных группировках внешнего слоя с повышением давления может значительно превышать, необходимое для связывания с образованием карбоната кальция.

Проведенные экспериментальные исследования позволили обосновать и получить ряд закономерностей процессов превращения гидроксида в карбонат кальция, в результате которого из известкового вяжущего образуется карбонатный камень. Вполне естественно полагать, что, изменяя условия карбонизации известкового вяжущего, будут

изменяться прочностные характеристики, получаемого искусственного карбонатного камня.

Характер изменения прочности на сжатие ($R_{\text{сж.}}$) и показателей степени карбонизации образцов цилиндров из известкового вяжущего, полученных при удельном давлении прессования 10 МПа и карбонизируемых в течение 3600 с, в зависимости от исследуемых факторов представлены на рис. 6 и свидетельствуют, что прочность на сжатие прямопропорционально зависит от степени карбонизации.

Эффективным фактором управления прочностными показателями карбонизированных образцов является давление CO_2 в реакторе. В целом, увеличение давления CO_2 влияет на повышение прочностных показателей опытных образцов, однако, например, в условиях разрежения (давление 0,05 – 0,1 МПа) при температуре 293 К и водосодержании 10 % мас. при очень близких показателях α ($72 \pm 0,5$ %) прочность на сжатие образцов, карбонизированных при давлении CO_2 0,05 и 0,08 МПа выше, соответственно, на 26 и 17 %, чем $R_{\text{сж.}}$ образцов, полученных при давлении CO_2 0,1 МПа.

При избыточных давлениях углекислого газа (0,2 – 0,5 МПа) прочность на сжатие образцов возрастает значительно и превышает прочность образцов, закарбонизированных при атмосферном давлении. Например, при 293 К и в интервале начального водосодержания известкового вяжущего 10 – 20 % мас. увеличение прочности составило от 1,2 до 1,6 раза.

Повышение температуры карбонизации с 293 до 313 и 333 К незначительно снижает прочностные показатели опытных образцов, в среднем не более чем на 10 %.

Комплексная оценка полученных опытных данных прочности на сжатие известковых образцов карбонизационного твердения в зависимости от степени карбонизации известкового вяжущего позволила отметить следующее. Формирование прочностных показателей и других физико-механических и физико-химических свойств искусственного каменного материала на основе извести карбонизационного типа твердения зависит от степени карбонизации известкового вяжущего, которая, в свою очередь, зависит от условий формирования карбонатной структуры. Необходимо отметить, что предел прочности при сжатии искусственно карбонизированных образцов 10 МПа и выше, т.е. выше давления формования, достигается при величине показателя степени превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 более 50 %. Вполне очевидно, что давление формования опытных образцов будет оказывать существенное влияние на процесс карбонизации и свойства материалов на основе извести. Особое значение при этом необходимо уделять пористости материала на основе извести полусухого прессования.

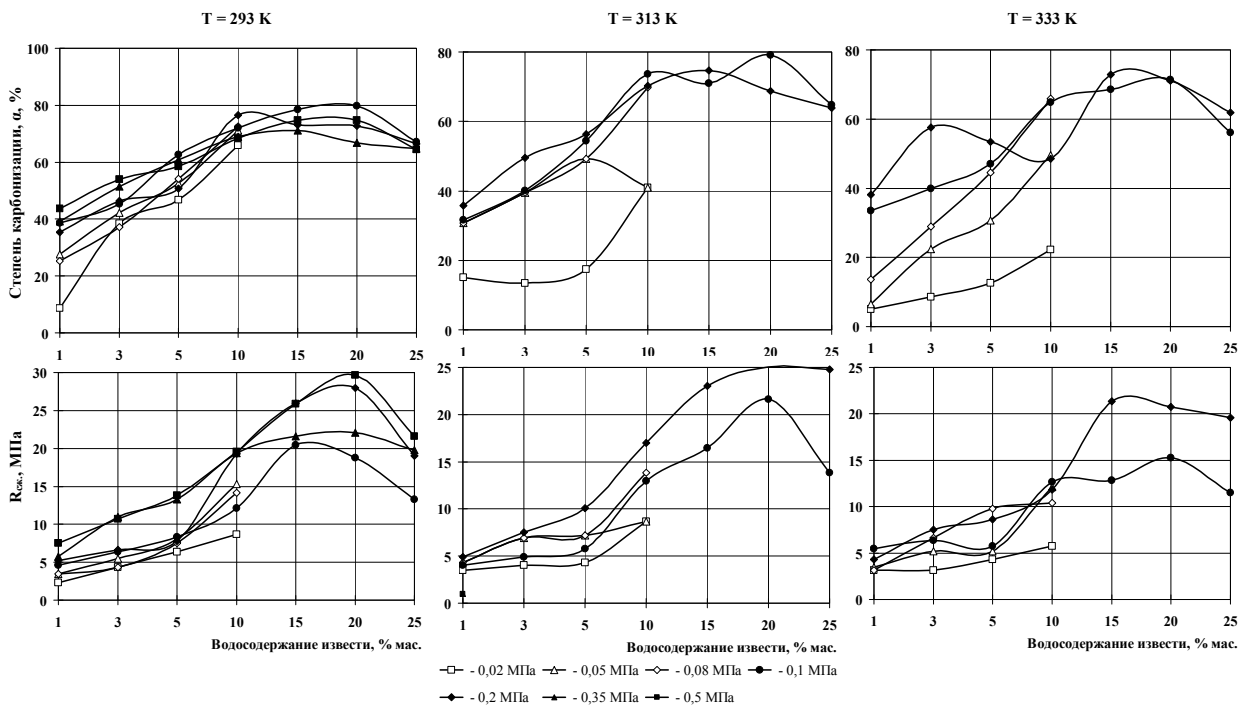


Рис. 6. Изменение степени карбонизации и прочности на сжатие принудительно карбонизированных известковых образцов полусухого прессования (усилие прессования 10 МПа) в зависимости от температуры и давления CO₂ в реакторе и их водосодержания

Выводы

1. Установлено, что давление углекислого газа и температура не оказывают определяющего влияния на показатель степени карбонизации известкового камня полусухого прессования при постоянном значении одного из факторов, но являются важными показателями, регулирующими скорость превращения извести в карбонат кальция на начальной стадии процесса карбонизации. Отличительной особенностью влияния давления и температуры CO₂ на величину степени карбонизации известковых образцов является их существенное совместное действие, взаимно дополняющее друг друга.

2. Получена зависимость скорости карбонизации Ca(OH)₂ от давления CO₂. Показано, что скорость карбонизации изменяется в зависимости от давления CO₂. В условиях разрежения в интервале температур от 293 до 313 К скорость процесса практически не зависит от изменения давления, увеличиваясь пропорционально давлению в степени от 0 до 0,2, в условиях повышенных давлений скорость карбонизации возрастает в степени от 1,2 до 2,5. Выдвинуто предположение, что скорость карбонизации извести обусловлена механизмом адсорбции CO₂ на поверхности кристаллической фазы Ca(OH)₂ и с повышением давления количество адсорбированных молекул CO₂ может увеличиваться и превышать требуемое, которое необходимо по химическому уравнению.

3. Установлено, что формирование прочностных показателей искусственного

каменного материала на основе извести карбонизационного типа твердения зависит от степени карбонизации известкового вяжущего. С увеличением степени превращения Ca(OH)₂ в CaCO₃ повышается прочность образцов в зависимости от других изменяемых факторов. Показатель предела прочности при сжатии карбонизированных образцов, превышающий удельное усилие прессования их, достигается при показателе степени карбонизации не менее 50 %.

4. Показано, что эффективными факторами управления прочностными показателями карбонизированных образцов являются начальное водосодержание известкового вяжущего и давление CO₂ в камере карбонизации. Прочность на сжатие карбонизированных известковых образцов с увеличением начального водосодержания до 15 – 20 % мас. повышается в зависимости от давления CO₂. Повышение температуры карбонизации незначительно снижает прочностные показатели опытных образцов, в температурном интервале 293 – 333 К в среднем на 10 %.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения базовой части государственного задания по теме № 2015/701-12 «Строительные биопозитивные композиты карбонизационного типа твердения на основе извести с повышенными деформативными и механическими характеристиками».

Список литературы

1. Murakami T. Characterization of lime carbonates in plasters from Teotihuacan, Mexico:

- preliminary results of cathodoluminescence and carbon isotope analyses / Murakami T., Hodgins G., Simon Arley W. // *Journal of Archaeological Science*. – 2013. – Volume 40, Issue 2. – Pp. 960-970.
2. Swallow P., Carrington D. Limes and lime mortars: part one / P. Swallow, D. Carrington // *Journal of Architectural Conservation*. – 1995. – Volume 1. – Pp. 7-25.
3. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы / К.С. Зацепин // *Сборн. материалов Московского науч.-технич. совещания по жил.-гражд. строит., строит. материалам и проектно-изыскат. работам*. – М.: *Московская правда*, 1952. – Т.2. – С. 283-290.
4. Михайлов Н.Н. Искусственная карбонизация как способ повышения активности доломитового вяжущего / Н.Н. Михайлов, А.М. Кузнецов // *Строительные материалы*. – 1960. – №9. – С. 28-30.
5. Воробьев А.А. Влияние карбонизации на физико-механические свойства автоклавного газобетона с тонкомолотыми карбонатными добавками / А.А. Воробьев // *Строительные материалы*. – 1971. – №2. – С. 32-33.
6. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties to Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // *Rock Products*. – 1956. – August. – P. 182-186.
7. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties to Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // *Rock Products*. – 1956. – September. – P. 84-90.
8. Matsuda O., Yamada H. Experimental study of the manufacture of building materials by carbonation of slaked lim / O. Matsuda, H. Yamada // *Sekko to sekkai = Gypsum & Lime*. – 1973. – No.125. – P. 8-17.
9. Moorhead D.R. Cementation by the carbonation of hydrated lime / D.R. Moorhead // *Cement and Concrete research*. – 1986. – Volume 16, Issues 5. – P. 700-708.
10. Lawrence R.M. Effects of carbonation on the pore structure of non-hydraulic lime mortars / [Lawrence R.M., Mays T.J., Rigby S.P., Walker P., D'Ayala] // *Cement and Concrete Research*. – 2007. Volume 37, Issue 7. – P. 1059-1069.
11. Ball R.J. Influence of carbonation on the load dependent deformation of hydraulic lime mortars / Ball R.J., El-Turki A., Allen G.C. // *Materials science and Engineering: A*. – 2011. – Volume 528, Issues 7-8. – P. 3193-3199.
12. Dheilily R.M. Influence of storage conditions on the carbonation of powdered Ca(OH)₂ / [Dheilily R.M., Tudo J, Sebei Y., Queneudec M.] // *Construction and Building Materials*. c 2002. – No.16. – P. 155-161.
13. Cizer O. Crystal morphology of precipitated calcite crystated calcite crystals from accelerated carbonation of lime binders / [Cizer O., Van Balen K., Van D. Gemert] // *Forum italiano calce*. 2011. – <http://www.iscowa.org/>
14. Cultrone G. Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: Mineralogical and textural / Cultrone G., Sebastián E., Ortega Huertas M. // *Cement and Concrete Research*. – 2005. – Volume 16, Issue 12. – P. 278-289.
15. Mayoral M.C. Optimization of mineral carbonation process for CO₂ sequestration by lime-rich coal ashes / Mayoral M.C., Andres J.M., Gimeno M.P. // *Fuel*. – 2013. – Volume 106. – P. 448-454.
16. De Silva P. Carbonate binders: Reaction kinetics, strength and microstructure / [De Silva P., Bucea L., Moorehead D.R., Sirivivatnanon V.] // *Cement & Concrete Composites*. – 2006. – No. 28/ – P. 613-620.
17. Любомирский Н.В., Локтионова Т.А. Формирование структуры известкового теста при твердении в среде углекислого газа / Н.В. Любомирский, Т.А. Локтионова // *Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa*. – Simferopol-Lublin. – 2009. – Vol.11A. – P. 239-246.
18. Любомирский Н.В. Термодинамическое обоснование искусственной карбонизации извести / Н.В. Любомирский // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – Одеса: *Зовнішпрекламсервіс*. – 2010. – №38. – С. 426-430.
19. Любомирский Н.В. Особенности карбонизации известковых вяжущих материалов / Н.В. Любомирский // *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури*. – Макіївка: *ДонНАБА*. – 2010. – №5(85). – С. 121-126.
20. Любомирский Н.В. Формирование прочностных свойств материалов на основе известково-известняковых композиций карбонизационного типа твердения / Н.В. Любомирский, А.С. Бахтин, А.Э. Джелил // *Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa*. – Lublin-Pzeszow. – 2013. – Vol.15, №5. – P. 23-30.
21. Бойтон Р.С. Химия и технология извести / Р.С. Бойтон. – М.: *Изд-во по строительству и архитектуре*, 1972. – 239 с.

Lubomirskii N.V., Fedorkin S.I.

THE INFLUENCE OF CARBON DIOXIDE QUANTITY ON THE KINETICS OF FORCED CARBONATION OF HALF-DRY PRESSURE LIME STONE AND SHAPING ITS STRENGTH

Summary. Environmental protection and rational use of the resources are global problems, which become more actual with the growing need in bio-positive building materials. Lime and lime based materials are the most ecological and bio-positive. Hardening is the main characteristic of these materials and products, which get their qualities from carbonization – the consumption of CO₂ from the atmosphere. The principles of carbonization are seemingly simple, yet forced carbonization is

determined by the environment. The lime cement CO₂ saturation is a complex mechanism consisting of CO₂ diffusion through the porous structure of the material and its dilution in the capillary pores of the water. The subsequent interaction with Ca(OH)₂ produces crystals of CaCO₃. The quantity of CO₂ is determinant in the process of carbonization along with other technological factors such as water content and porosity of the material, temperature and time. The article gives the results of the research on the influence of CO₂ quantity on the kinetics of forced carbonization of the lime stone samples, formed by half dry pressure depending on water content of the lime stone and the environment temperature. The CO₂ quantity in the carbonization chamber had been regulated by pressure. The necessary and sufficient conditions for the absolute degree of lime carbonization, the peculiarities of CO₂ pressure and temperature on the speed of carbonization have been detected theoretically and experimentally. Experiments have shown that the CO₂ pressure and temperature do not have big effect on the degree of lime carbonization with the constant value of either of the factors but do effect the speed of lime carbonization on the initial stage. Pressure and temperature complement each other. The obtained dependence of the rate of carbonation of lime samples of dry pressing pressure and temperature. It is shown that the formation of strength characteristics of artificial stone material lime-based carbonizing the type of hardening depends on the degree of carbonation of the lime binder.

Key words: lime, carbon dioxide, forced carbonation, calcium carbonate, kinetics, semi-dry pressing, compressive strength.

УДК 624,072,2

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВУТАВРОВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

Лютов Л.В. *, Синцов В.П. **

* ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

* Ялтинский Инженерно-Технический Центр по Созданию Объектов Градостроительства

Адрес: г.Ялта, ул.Руданского, 3.

e-mail: odie@i.ua

** Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: sin59@bk.ru

Аннотация. В статье проведен анализ работы комбинированных двутавровых балок с волнистой гофрированной стенкой и поясами, выполненными из дерева, с клеевым соединением поясов со стенкой. Анализ выполнен на основании результатов расчетов по существующим методикам и численных исследований, выполненных в ПК ANSYS, основанном на методе конечных элементов. В результате анализа скорректированы величины принимаемые для инженерных расчетов.

Ключевые слова: комбинированная балка, гофрированная стенка, волнистая стенка, гофробалка, деревянная балка, легкие конструкции, каркасное домостроение.

Введение

В последнее время в мире и в частности в России наблюдается устойчивая тенденция роста спроса на малоэтажные частные дома выполненные из экологически чистых материалов. Таким образом, на лидирующие позиции выходят деревянные каркасные малоэтажные здания. Основными отличительными чертами деревянных каркасных домов являются их экологичность, дешевизна и скорость возведения. Опираясь на это нами была предложена и запатентована [1] новая конструкция балок способная выполнять роль балок, перекрытия и покрытия. Балка представляет собой составной двутавр со стенкой, выполненной из тонкого стального листа и поясов, выполненных из дерева, соединенных посредством нагелей.

В данной статье проводится анализ работы вышеописанной конструкции с допущением, что пояса со стенкой соединены непрерывно по аналогии с клеевым швом.

Анализ публикаций

Впервые идея применения гофрированных стальных листов в качестве стенок двутавровых балок была предложена Г.А. Ажермачевым в 1963 г.[2]. Дальнейшее развитие методика расчета балок со стальными гофрированными стенками получила в работах Барановской С.Г., Долинского В.В., Максимова Ю.С., Острикова Г.М. [3,4,5].

Кроме металлических балок, гофрированные стенки также применялись и в деревянных балках. В качестве материала для их изготовления применялась водостойкая фанера ФСФ, которая изгибалась в специальных станках под действием пара. Теорию

расчета деревянных балок с волнистой фанерной стенкой разрабатывали В.Ф. Кириленко и Г.А. Окрайнец [6,7].

Применение гофрированного листа в качестве стенки балки способствует более рациональному использованию материала. В ходе экспериментов Г.А. Ажермачевым было замечено, что гофрированные стенки балок обладают более высокой устойчивостью по сравнению с плоскими стенками - это позволяет отказаться от установки ребер жесткости по длине балки. Кроме того эксперименты показали, что волнистая стенка практически не воспринимает нормальных напряжений.

Одной из основных задач исследований балок с гофрированной стенкой стало определение методики учета гофрированной стенки в расчетах на местную и общую устойчивость. Однако на сегодняшний день еще не было разработано специальной методики касающейся непосредственно балок с гофрированными стенками, а в качестве расчетных - используются две теории с рядом допущений. Первая - предложена в работах Максимова Ю.С., Острикова Г.М. и Барановской С.Г. и основана на решении M.Stein и R.W. Fralich[8] для определения критических касательных напряжений потери общей устойчивости свободно опертых бесконечно длинных пластинок подкрепленных равноотстоящими ребрами жесткости. Вторая методика, изложенная в работах E. Seydel, M. Elgaaly, H.H. Abbas, R.G. Driver[9,10,11], основана на представлении гофрированной стенки как плоской ортотропной пластинки с толщиной, равной высоте гофров.

Одними из последних исследователей балок с гофрированной стенкой можно назвать Кудрявцева С.В.,

предложившего в своей работе [12] способ учета круговых отверстий в стенках балок, а также Лазнюка М.В., который под руководством Нилова А.А., в своей диссертационной работе [13] произвел уточнение расчетов балок с тонкой поперечно гофрированной стенкой с различными параметрами гофрирования.

Цель и постановка задач

Цель: оптимизировать существующую методику расчета балок со стальной гофрированной стенкой к комбинированным балкам с деревянными поясами и стенкой из стального гофрированного листа.

Задачи:

- выполнить численное исследование моделей балок 2-х и 4-х метровой длины;
- выполнить ручной расчет по существующим методикам расчета балок с гофрированной стенкой;
- на основании анализа работы конечно элементной модели выполнить корректировку параметров, применяемых в инженерном расчете.

Методика исследований

- Создать компьютерные конечно элементные модели двух типоразмеров комбинированных балок с гофрированной стенкой.
- Выполнить их загрузку распределенной нагрузкой эквивалентной 400кг/м².
- Выполнить ручной расчет балок аналогичных типоразмеров по существующим методикам.
- Проанализировать работу балок рассматриваемой конструкции.
- Уточнить параметры, включенные в ручной расчет.

Результаты и их анализ

В качестве расчетной схемы принята шарнирноопертая однопролетная балка длиной 2000мм и 4000мм, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой 4н/мм (рис.1).

Для балок приняты следующие размеры поперечного сечения:

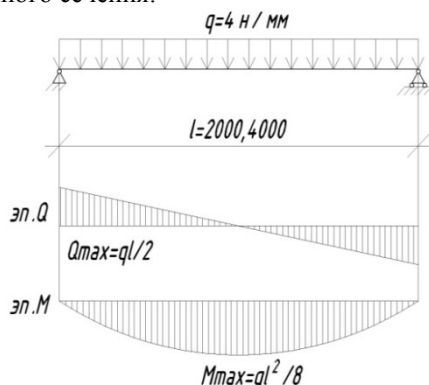
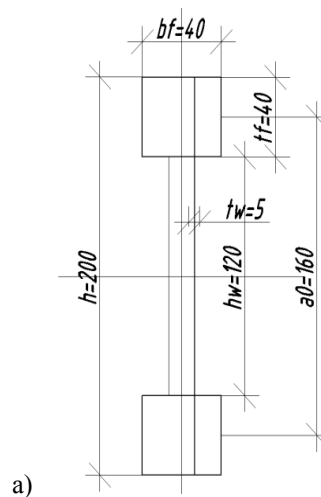
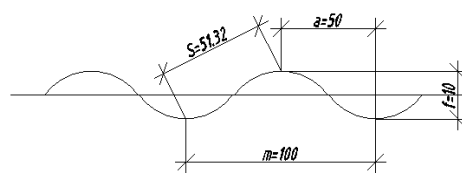


Рис.1. Расчетная схема балки
Для балки пролетом 2000мм:

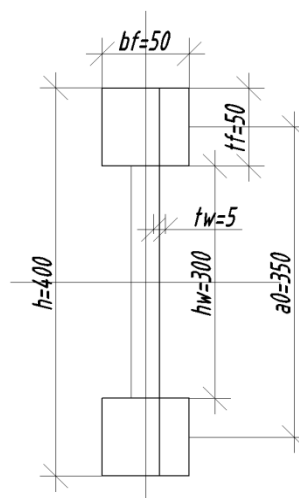
- высота балки $h=200$ мм;
- ширина пояса $b_f=40$ мм;
- высота пояса $t_f=40$ мм;
- толщина стенки $t_w=0,5$ мм;



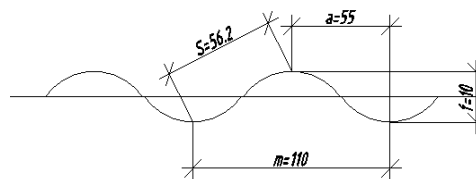
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Геометрические характеристики исследуемых балок

а) Размеры поперечного сечения балки пролетом 2000мм;

б) Параметры гофрирования балки пролетом 2000мм;

в) Размеры поперечного сечения балки пролетом 4000мм;

г) Параметры гофрирования балки пролетом 4000мм;

-высота волны гофра $f=10$ мм;

-длина волны $m=100$ мм;

Для балки пролетом 4000мм:

- высота балки $h=400\text{мм}$;
- ширина пояса $b_f=50\text{мм}$;
- высота пояса $t_f=40\text{мм}$;
- толщина стенки $t_w=0,5\text{мм}$;
- высота волны гофра $f=10\text{мм}$;
- длина волны $m=110\text{мм}$;

В качестве материала для поясов принята древесина первого сорта с расчетным сопротивлением на сжатие, изгиб $R_n=14\text{МПа}$ и расчетным сопротивлением растяжению $R_p=10\text{МПа}$. Материалом стальной гофрированной стенки принята сталь марки 08ПС с пределом текучести $R_y=225\text{МПа}$.

Результаты аналитического расчета

Максимальный момент в балке:
пролетом 2000мм:

$$M = \frac{qL^2}{8} = 2 \cdot 10^6 \text{ Нмм}; \quad (1)$$

пролетом 4000мм:

$$M = 8 \cdot 10^6 \text{ Нмм};$$

Максимальная поперечная сила в балке:
пролетом 2000мм:

$$Q = \frac{qL}{2} = 4000 \text{ Н}; \quad (2)$$

пролетом 4000мм: $Q = 8000 \text{ Н}$;

Как было упомянуто ранее благодаря ряду исследований двутавровых балок с гофрированной стенкой было установлено, что гофрированная стенка практически не воспринимает нормальных напряжений и для определения максимальных нормальных напряжений в поясах используется упрощенная формула.

Максимальные напряжения в поясах балки:
пролетом 2000мм:

$$\sigma = \frac{M}{h_0 A_f} = 7,81 \text{ МПа}; \quad (3)$$

пролетом 4000мм: $\sigma = 9,14 \text{ МПа}$;

Ранее проведенные исследования показали, что касательные напряжения имеют практически линейный характер распределения по высоте стенки балки. Кроме того, в работах Лазнюка М.В., при расчетах касательных напряжений, предложено учитывать геометрически нелинейный характер работы гофрированной стенки путем введения поправочного коэффициента k_s .

Таким образом, касательные напряжения в стенке балки равны:

- в балке пролетом 2000мм:

$$\tau_{xy} = \frac{Q}{k_s h_w t_w} = 65,3 \text{ МПа}; \quad (4)$$

в балке пролетом 4000мм:

$$\tau_{xy} = 57,6 \text{ МПа};$$

где

$$k_s = 1,085 - 0,008 \lambda_w \quad (5)$$

- коэффициент учитывающий геометрически нелинейную работу гофрированной стенки, зависящий от условной гибкости стенки.

Местная устойчивость балки проверяется по следующей формуле:

$$\frac{\tau_{xy}}{\tau_{p.cr}} \leq \gamma_c \quad (6)$$

где

$$\tau_{p.cr} = \frac{k_s \pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{S} \right)^2 \quad (7)$$

- критические касательные напряжения, определенные из условия стационарности потенциальной энергии;

$$k_s = 5,34 + 4 \left(\frac{S}{h_w} \right)^2 \quad (8)$$

- коэффициент зависящий от соотношения развернутой длины полуволны S и высоты стенки h_w ;

$\nu=0,3$ - коэффициент Пуассона для стали;

Отсюда, определив значения критических касательных напряжений для балок пролетом 2000 и 4000мм, получим:

$$\frac{65,3}{107,2} = 0,61 \leq \gamma_c = 1$$

-для 2000мм

$$\frac{57,6}{80,7} = 0,71 \leq \gamma_c = 1$$

-для 4000мм

т. е. местная устойчивость стенок исследуемых балок обеспечена.

Общая устойчивость балки с гофрированной стенкой считается обеспеченной, если выполняется условие:

$$\frac{\tau_{xy}}{\tau_{p.cr}} \leq \gamma_c \quad (9)$$

где

$$\tau_{p.cr} = \frac{C_{0.cr} \pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{h} \right)^2 = \frac{1,12 C_{0.cr} C_3 R_s}{\lambda_w^2} \quad (10)$$

- значение касательных напряжений потери общей устойчивости свободно опертых бесконечно длинных пластинок, часто подкрепленных равноотстоящими ребрами жесткости, полученное M.Stein и R.W. Fralich.

$$C_{0.cr} = 5,34 + (5,5 \beta^2 - 0,6) \sqrt[3]{\gamma} / (4(7\beta^2 - 5)) \quad (11)$$

- коэффициент, зависящий от развернутой длины полуволны и высоты волны;

$$C_3 = \frac{\sqrt[4]{m}}{f} \quad (12)$$

- коэффициент, учитывающий синусоидальную форму гофра, предложен Ниловым А.А. и Лазнюком М.В.;

$$\beta = \frac{h_w}{a} \quad (13)$$

- отношение высоты стенки к длине полуволны;

$$\gamma = \frac{EI}{Dm} = \frac{12(1-\nu^2)I}{0,5t_w^3 m} \quad (14)$$

- отношение погонной жесткости гофрированной стенки к цилиндрической жесткости плоской пластинки той же толщины;

I – момент инерции синусоидальной волны;

В случае, если $\gamma > 4(7\beta^2 - 5)$ (15) - $C_{0.cr}$ не зависит от γ , т.е. устойчивость стенки определяется местной устойчивостью гофрированной стенки.

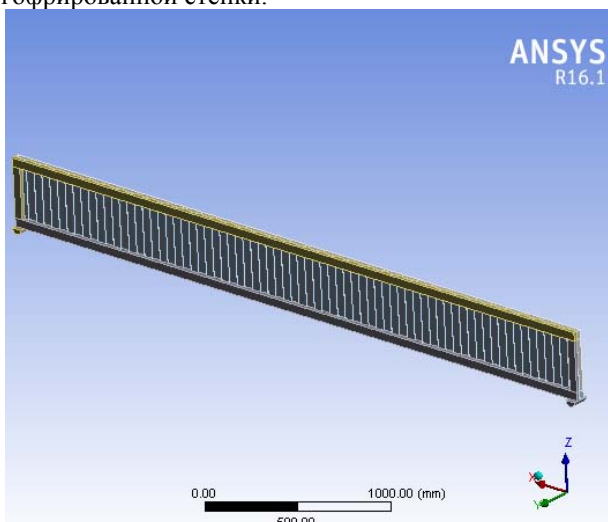


Рис. 3. Конечно элементная модель балки
Для балки пролетом 2000мм:

$$\gamma = \frac{12(1-\nu^2)I}{0,5t_w^3 m} = 543,2 > 4(7\beta^2 - 5) = 141,3$$

- устойчивость балки определяется местной устойчивостью;

Для балки пролетом 4000мм:

$$\gamma = \frac{12(1-\nu^2)I}{0,5t_w^3 m} = 539,24 < 4(7\beta^2 - 5) = 813,1$$

- необходима проверка общей устойчивости.

$$\tau_{0.cr} = \frac{1,12 C_{0.cr} C_3 R_s}{\lambda_w^2} = 99,3 \text{ МПа};$$

$$\frac{\tau_{xy}}{\tau_{p.cr}} = \frac{57,6}{99,3} = 0,58 \square \gamma_c = 1$$

- общая устойчивость гофрированной стенки обеспечена.

При определении прогиба балки с тонкой гофрированной стенкой необходимо учитывать влияние сдвиговых усилий. При воздействии на балку равномерной нагрузки выражение для определения прогибов примет следующий вид:

$$f = \frac{5Ml^2}{48EI_f} + \frac{Ql}{G_r A_w} \quad (16)$$

где M – максимальный момент в пролете;
Q – максимальная поперечная сила на опоре
E – модуль упругости материала пояса;
I_f – момент инерции пояса;

$G_r = Gm/2S$ (17) – расчетный модуль сдвига, учитывающий волнистую стенку.

A_w – площадь сечения стенки;

Согласно приведенной формуле прогиб балки пролетом 2000мм равен:

f=3,72мм при нормативно допустимом f=10мм;

Для балки пролетом 4000мм прогиб равен:

f=7,02мм при нормативно допустимом f=20мм;

Результаты численного расчета в ПК ANSYS

В программном комплексе была создана конечно элементная модель рассматриваемой балки с геометрическими характеристиками и нагрузками, аналогичными принятым в ручном расчете (рис.3).

По итогам расчета были получены значения напряжений и деформаций указанные на рисунках 4-6, а также в таблице 1.

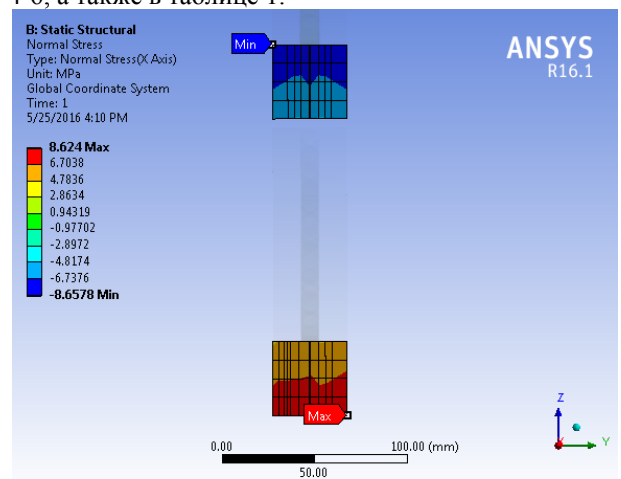


Рис.4. Максимальные напряжения в поясах балки пролетом 2м

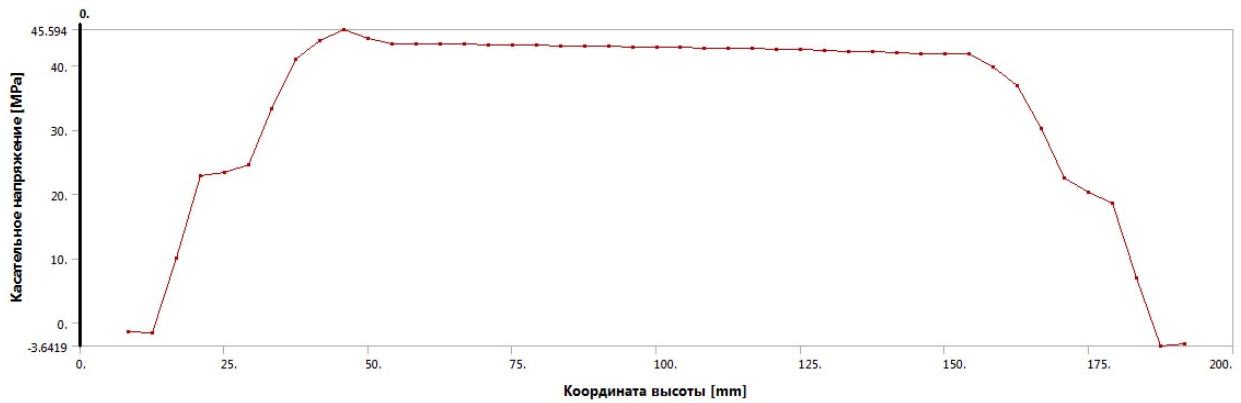


Рис 5. Эпюра касательных напряжений в стенке в приопорной зоне балки пролетом 2м

Таблица 1.

Значения напряжений и деформаций полученные в результате расчета балок исследуемой конструкции в ПК ANSYS

Обозначение напряжения/деформации	Для балки пролетом 2м	Для балки пролетом 4м
Максимальные нормальные напряжения в поясах	8,66МПа	10,47МПа
Максимальные касательные напряжения в стенке	46МПа	50,44МПа
Прогиб	3,6мм	8,75мм

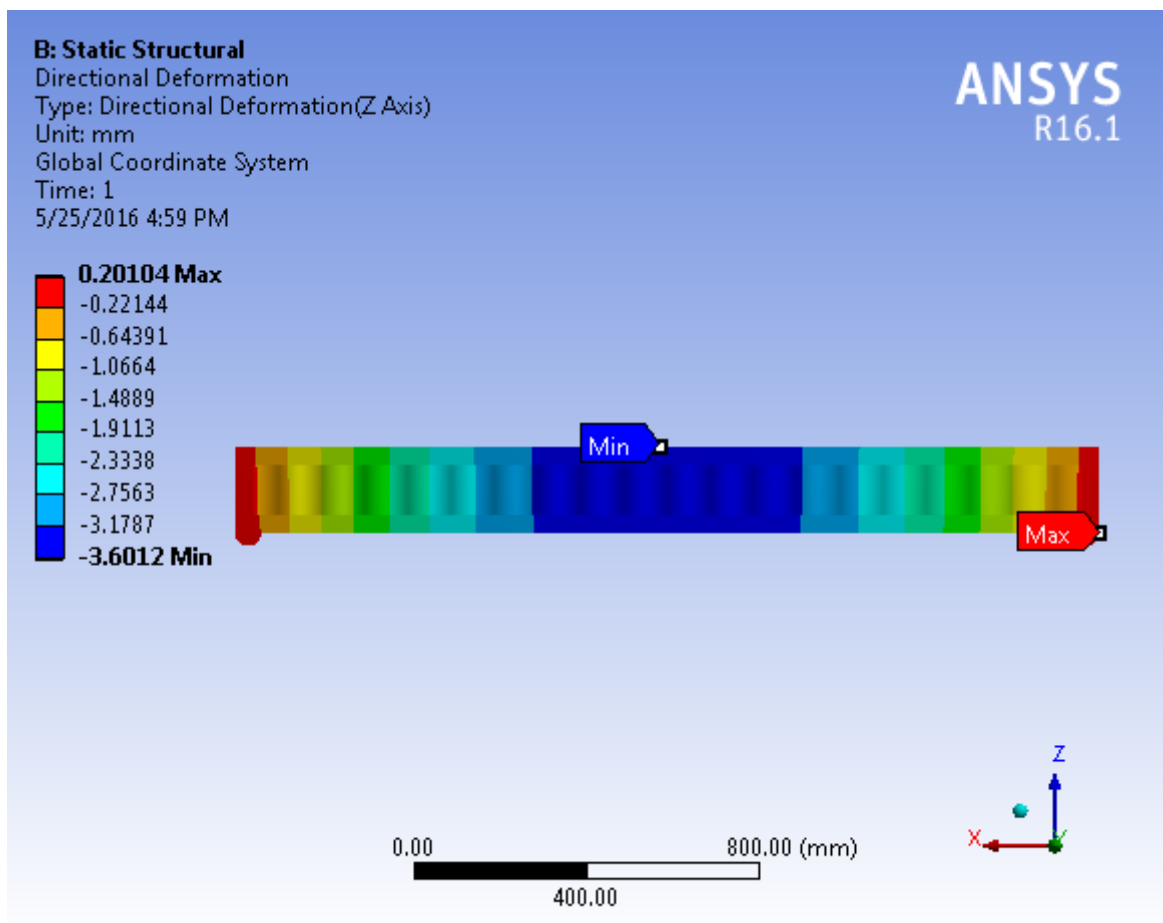


Рис. 6. Прогиб балки пролетом 2м

Анализ результатов

Численный анализ конечно элементных моделей показал, что характер распределения нормальных напряжений в поперечном сечении балки аналогичен и для стальных и для комбинированных балок, то есть стенка практически не воспринимает нормальных напряжений. Однако, распределение касательных напряжений в комбинированной балке отлично от стальной балки. Данное обстоятельство обусловлено более низкой жесткостью деревянных поясов по сравнению с металлическим, что приводит к перераспределению касательных напряжений на пояса балки и более плавному их затуханию на верхнем и нижнем торце комбинированной балки в сравнении с металлической балкой.

Опираясь на вышесказанное, необходимо скорректировать формулу определения касательных напряжений и вместо высоты стенки балки h_w использовать расстояние между центрами поясов — h_0 . В результате перерасчета получим следующие значения касательных напряжений:

Для балки пролетом 2000мм -

$$\tau_{xy} = \frac{Q}{k_s \square h_0 \square I_w} = 48,95 \text{ МПа};$$

Для балки пролетом 4000мм -

$$\tau_{xy} = \frac{Q}{k_s \square h_0 \square I_w} = 49,35 \text{ МПа};$$

Таким образом погрешность инженерного расчета составит (табл.2):

Таблица 2.
Сравнение результатов расчета балок

Обозначение напряжения/ деформации	Ручной расчет		Расчет в ПК ANSYS		Погрешность для 2м, %	Погрешность для 4м, %
	Для балки пролетом 2м	Для балки пролетом 4м	Для балки пролетом 2м	Для балки пролетом 4м		
1	2	3	3	4	5	
Максимальные нормальные напряжения в поясах	7,81МПа	10,47МПа	8,66МПа	10,47МПа	9,8%	12,8%
Максимальные касательные напряжения в стенке	46МПа	50,44МПа	46МПа	50,44МПа	6%	2,15%
Прогиб	3,6мм	8,75мм	3,6мм	8,75мм	3,2%	19,8%

Выводы

По результатам численного эксперимента было определено, что существующая методика расчета, применяемая для гофрированных стальных балок, применима и для комбинированных балок с гофрированной стальной стенкой и деревянными поясами. Однако, в случае применения менее жесткого материала поясов, необходима корректировка формулы определения касательных напряжений в стенке балки.

Список литературы

1. Синцов В.П., Лютов Л.В. Балка составная комбинированная двутавровая: пат. 2014154636/93, Российская Федерация. 2015. Бюл. № 10.
2. Ажермачев Г.А. Балки с волнистыми стенками // Промышленное строительство. 1963 №4.
3. Барановская С.Г. Прочность и устойчивость гофрированной стенки стальной двутавровой балки: автореф. дис. ...канд. тех. наук. – Новосибирск, 1990. – 21 с.
4. Максимов Ю.С., Остриков Г.М., Долинский В.В. Исследование несущей способности стальных двутавровых балок с вертикально гофрированной

стенкой // Строительная механика и расчет сооружений. – 1983. – №1. – С. 68–70.

5. Максимов Ю.С., Остриков Г.М. Стальные балки с тонкой гофрированной стенкой – эффективный вид несущих конструкций покрытий производственных зданий // Промышленное строительство. – 1984. – №4 – С. 10–11.

6. Кириленко В.Ф., Окрайнец Г.А., К вопросу расчета балок с гофрированной стенкой // Изв. Вузов. Строительство и архитектура, – 1969. – №3.

7. Кириленко В.Ф. Изгиб балок с гофрированной стенкой. автореферат дисс., 1969.

8. Stein, M., Fralich, R.W.: Critical shear stress of infinitely long, simply supported plates with transverse stiffeners. NACA TN 1851 (1949).

9. Elgaaly M., Hamilton R.W., Seshadri A. Shear Strength of Beams with Corugated Webs // Journal of Structural Engineering. – 1996. – Vol.122. - №4

10. Abbas H.H. Analysis and design of corrugated web I-girders for bridges using high performance steel: Ph.D. dissertation. – Lehigh University, Bethlehem, USA, 2003. 425p.

11. Seydel, E., The Critical Shear Load of Rectangular Plates, NACA Tech. Mem. 705, Washington, D.C. 1933.

12. Рогаличев В.В., Кудрявцев С.В. Концентрация напряжений вблизи круговых отверстий в гофрированных стенках балок // Известия вузов. Строительство. - 2008.-№11-12. - С.8-13.
13. Лазнюк М.В. Балки с тонкой поперечно гофрированной стенкой при действии статической нагрузки: дисс. ...канд. тех. наук. Киевского национального университета строительства и архитектуры. Киев. 2006., 194с.

Lyutov, L. V. , Sintsov V. P.

NUMERICAL STUDY OF THE BEAM COMBINATION OF BEAMS WITH CORRUGATED WEB

Abstract. In the article the analysis of work of combined I-beam with a wavy corrugated wall and belts made of wood, with an adhesive connection zone with the wall. The analysis is performed on the basis of the results of calculations according to the existing methods and the numerical studies performed in PC ANSYS based on the finite element method. The analysis corrected values taken for engineering calculations.

Keywords: Combined beams, corrugated wall, corrugated wall, gomobile, wooden beam, lightweight construction, frame house.

УДК 666.9:6911:691.316

АНАЛИЗ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ И ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ЗАПОРНОГО КЛАПАНА ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Морозов А.Д., Чередниченко И.А., Дембовский В.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

Аннотация. Приводятся аналитический анализ износа деталей запорного клапана пневмотранспортирующих установок для транспортирования сыпучих строительных грузов.

Ключевые слова: воздух, эффективность, износ, скорость входа, частица, шнеконапорный механизм.

Введение

Пылегазовые среды широко применяются в рабочих зонах многочисленных аппаратов и установок, в сельском хозяйстве, энергетике, промышленности строительных материалов, цветной и чёрной металлургии и в других отраслях народного хозяйства, что приводит к необходимости исследования характеристик контакта при соударении частиц с элементами проточных частей машин, а также проанализировать износ деталей, в том числе и шнеконапорного механизма, а также пневмотранспортных установок (ПУ), запорного клапана на входе в смесительную камеру.

Анализ публикаций

Кинематические параметры удара абразивных частиц исследовались в работах [1 - 3]. В них отображено экспериментальное изучение абразивного действия частиц, причём сведения об эрозионном воздействии накапливались с учётом изменения угла атаки (угла открытия клапана), скорости и силы соударения, крупности частиц, их материала, состава абразивности и других параметров. Однако экспериментальные исследования движения твёрдых абразивных частиц груза транспортируемого высокоскоростным потоком и их соударения с наклонной преградой, применительно к клапанам пневмотранспортных установок (ПУ) для работы с пылевидными структурными грузами не проводились.

Поэтому целью статьи является опубликование результатов исследований не проводившихся в АСиА ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» по работе ПУ с пылевидными строительными грузами.

В результате проведённых нами исследований, изложенных в работе [3], установлены причины и характер износа деталей шнеконапорного механизма (ШМ). Анализ износа деталей клапана, закрывающего вход в смесительную камеру до сих пор не был опубликован.

Рассмотрим соударение твёрдых сферических частиц с упругопластической тарелкой

клапана. Будем считать, что все определяющие уравнения статики упругопластичности справедливы и для удара [1 - 3]. Такое положение начинает все более широко использоваться в динамических расчётах.

Центр системы координат XOY совместим с центром масс частицы в момент касания клапана. Считаем задачу плоской, совместив XOY с плоскостью, в которой находятся вектора V_0 и n (рис. 1).

При таких допущениях приходим к следующим общим дифференциальным уравнениям движения частиц материала: проекции на координатные оси:

$$mV_x \frac{dV_x}{d\alpha} = P, \quad (1)$$

$$mV_y \frac{dV_y}{d\alpha} = T, \quad (2)$$

$$IV_x \frac{d\omega}{d\alpha} = M, \quad (3)$$

$$I = \frac{2}{5} mR^2; \quad (4)$$

При B – внедрении частиц, характерном при столкновении потока груза с преградой, т.е. с тарелкой запорного клапана при давлении P .

$P_{кр}$ – нагрузка начала упругопластической фазы деформирования:

$$P_{кр} = 0,5 \left(\frac{3\pi}{4} IH \right)^2 D; \quad (5)$$

$$\varphi = \frac{B}{B_{кр}} - \text{нормированное внедрение}$$

(степень внедрения);

$$S = \frac{P}{P_{кр}} - \text{степень нагружения};$$

H – предельная твёрдость;

$D = 2R$ – диаметр частицы;

$M = TR$ – момент силы трения;

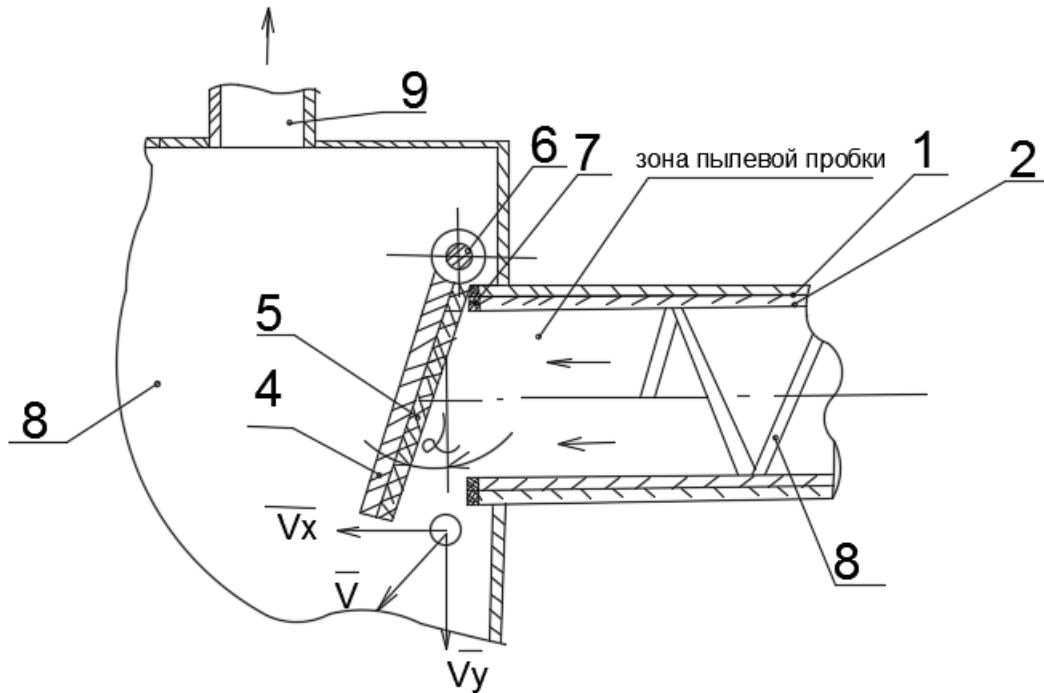


Рис. 1. Принципиальная схема соударения твёрдой сферической частицы транспортируемого груза с открытым клапаном под углом α

1 – цилиндр; 2 – броневая гильза; 3 – шнек; 4 – тарелка клапана; 5 – уплотнительное кольцо; 6 – ось рычага клапана; 7 – опорное кольцо клапана; 8 – смесительная камера; 9 – транспортный трубопровод.

Согласно характеру эпюры движения материала в шнеконапорном механизме (ШМ) [1], скорость изнашивания клапана и нижней части опорного кольца клапана можно выразить следующей зависимостью:

$$U = P_{кр}^m \cdot V_x^n \cdot K, \quad (6)$$

где: $m = 0,5 - 3$, $n = 1$ для большинства пар трения, k – коэффициент износа, характеризующий условия изнашивания, абразивность груза и прочностные характеристики уплотнительного и опорного колец клапана [3].

$U = K_1 \cdot P_{кр}^m \cdot V_x^n \cdot K_1$ – для тарелки клапана; (7)

$U = K_2 \cdot P_{кр}^m \cdot V_x^n \cdot K_2$ – для опорного кольца; (8)

Для абразивного износа зависимость скорости изнашивания от давления носит линейный характер, поэтому далее можно определить давление [3].

Заключение

В целом область работоспособности ПУ определяется технологическими значениями износа деталей ПУ допуском на эти значения. Путь для данного случая выполняется условие:

$$\begin{cases} U_T + \Delta \leq U \\ U_T - \Delta \geq U \end{cases} \quad (9)$$

где: U_T – значения износа, определённое технологическими требованиями для данного ПУ;

Δ – допуск на величину вектора вибрации (ВВ).

Тогда область работоспособности будет соответствовать области состояний выходного параметра. В общем случае область состояний должна находиться внутри области работоспособности. Наибольшее значение величины u определяется классом ПУ, назначение u_1 обосновывается экономическими расчётами, учитывающими стоимость изготовления деталей ПУ.

Применяя методы оптимизации, устанавливают значения u_{opt} и u_{1opt} для данного класса ПУ. Оценку работоспособности ПУ через $T \geq u$ при допущении стационарности вибрационного процесса необходимо рассчитывать с учётом тренда Δ_T , вызванного температурными деформациями шнекового узла. Для термосимметричного двигателя и $\varphi = 0$ (установившийся расчётный режим работы ПУ), этот тренд можно представить как:

$$\Delta_T = n^\gamma T^\mu S^\alpha W_n^\beta W_3^\gamma \quad (10)$$

где: n – частота вращения шнека;
 T – время работы ПУ;
 S – вектор силовой нагрузки (ВВ);
 W_n и W_3 – натяг в передней и задней подшипниковых опорах двигателя;
 $\gamma, \mu, \alpha, \beta, \gamma$ – весовые коэффициенты, определяемые для данной ПУ экспериментальным способом.

Определённые таким образом области работоспособности в различных системах измерения позволяют оценить качество как отдельных узлов ПУ после сборки (x_1, y_1, z_1 – шнековый узел), так и всю ПУ в целом (x_2, y_2, z_2). Показатели качества определяются сравнением области работоспособности (область допустимых значений износа деталей ПУ) с областью состояний (область, в которой с заданной вероятностью находятся значения износа).

Экспериментальные исследования по определению доминирующих факторов, влияющих на его значения, были проведены на серийных пневмовинтовых подъёмниках ТА –15, ТА –19 и ТА –21, а также пневмонасосах ТА –14А. В качестве входных воздействий были взяты реальные предельные состояния, возникающие в шнековом узле, его приводе и деталях клапана.

Установлено, что предельное состояние ПУ зависит главным образом от выбора геометрии шнека, конструкции КПУ и качества их изготовления, скорости вращения шнека, абразивности транспортируемого груза и износостойкости деталей. Однако пока ещё не установлены показатели и количественные критерии КПУ, позволяющие на стадии проектирования определить более эффективное конструктивное решение. В качестве обобщённого критерия качества КПУ, увязывающего его параметры вибростойкости с жёсткостью, прочностью, точностью и износостойкостью может быть принят обобщённый показатель качества:

$$K = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i / K_{i\alpha}$$

где: K_i – единичный показатель качества;
 α_i – коэффициент весомости i –го единичного показателя качества;
 n – число единичного показателя качества;
 $K_{i\alpha}$ – эталонное значение показателя (предельно допустимое).

Таким образом, математическую модель оптимизации КПУ при рассмотрении m различных конструкций, каждая из которых характеризуется n показателями, можно представить в виде матрицы ситуаций размера mn .

Считая единичные показатели в равной мере важными, принимаем условие, что все $\alpha_i = 1$.

В этом случае комплексный показатель качества для каждой конструкции КПУ принимает следующий вид:

$$K = K_c + K_n + K_{ж} + K_o + K_p + K_b + K_{и}, \quad (12)$$

где: K_c – коэффициент, определяющий силовые характеристики крепёжно-приводного устройства;

K_n – коэффициент прочности, определяющий напряжение в слабом звене КПУ;

$K_{ж}$ – коэффициент, характеризующий жёсткость закрепления деталей в КПУ, т.е. жёсткость системы «двигатель-моторная втулка-шнек»;

K_o – коэффициент осевой точности КПУ;

K_p – коэффициент радиальной точности КПУ, определяющий радиальное биение зажатого вращающего шнека;

$K_{и}$ – коэффициент износостойкости, учитывающий износ посадочных конусов моторной втулки и шнека;

K_b – коэффициент вибростойкости КПУ шнека.

Список литературы

1. Морозов А.Д., Рутенко В.С., Чередниченко И.А. Строительная техника с примерами и задачами: учеб. Пособие. Симферополь: НАПКС, 2013г. 290с.
2. Баладинский В.Л., Морозов А.Д., Чередниченко И.А. Транспорт и пути сообщения: учеб. пособие изд. 2-е доп.: Симферополь; Изд-во РИО НАПКС, 2005. 318с.
3. Морозов А.Д., Чередниченко И.А. Повышение эффективности и экологической безопасности разгрузочно-транспортного пневмооборудования для строительной индустрии: науч. Издание. Симферополь: НАПКС, 2012. 287с.

Morozov A.D., Cherednichenko I.A., Dembovskiy V.I.

ANALYSIS OF WEAR PARTS AND QUALITY SCORE VALVE PNEUMATIC SHUT-OFF SYSTEM

Summary. Provides analytical analysis of wear parts shut-off valve pneumatic conveying installations for transportation of loose construction materials.

Keywords. air, efficiency, wear, speed log, particle, rotary mechanism

УДК 624(047,36)

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ, РАБОТАЮЩИХ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Чемодуров В., Ажермачёв С., Литвинова Э.,

Пшеничная–Ажермачёва К., Литвинов Б.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: ellalit@mail.ru

Аннотация: Целью исследования является создание методики проектирования элементов строительных конструкций, их конфигурации путем разработки стохастического метода оптимизации параметров с учетом случайного характера внешних нагрузок, характеристик используемых материалов, ошибок производства и других случайных факторов, влияющих на надежность создаваемой конструкции.

Ключевые слова: расчетная модель, стохастическая модель, напряженно-деформированное состояние, свайные конструкции, системный анализ, оптимальное решение.

Введение

Мелкие и крупные аварии при строительстве и эксплуатации сооружений происходят довольно часто, особенно в экстремальных условиях, связанных с неблагоприятными погодными условиями, сейсмическим воздействием, столкновением с неуправляемыми и управляемыми объектами и прочее. Они способны привести к крупным экономическим потерям вследствие разрушения конструкций или целого сооружения [1]. Но экономические потери должны определяться и ущербом, который будет вызван аварией. Зачастую потери, причиненные аварией, значительно превышают стоимость разрушенного сооружения. Например, аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г., на морской платформе «Deerwater Horizon» 10 апреля 2010 г., на АЭС «Фукусима» 11 марта 2011 г. и др. Аварии подобных сооружений имеют последствия, отрицательно влияющие на экологию региона в течение многих десятилетий.

Системный анализ и теория надежности представляют собой тот математический аппарат, который, кроме прочего, накладывает на проект ряд ограничений исходя из требований к обеспечению безопасной эксплуатации здания или сооружения в течение некоторого расчетного периода.

Однако некоторые особенности проектных и конструктивных решений, кажущиеся «безобидными» с точки зрения их реализации и удовлетворяющие требованиям теории надежности, могут играть значительную роль в условиях развития реальной чрезвычайной ситуации и, к сожалению, не всегда позитивную. Если часть из них можно достаточно легко прогнозировать логически, а в некоторых случаях руководствуясь эмпирическими данными и статистикой, то

остальные можно выявить, лишь моделируя развитие различных чрезвычайных ситуаций на конкретном проектируемом объекте [2, 9].

Анализ материалов

Анализ произошедших аварий указывает, что, как правило, имело место воздействие нескольких факторов, приведших к полному отказу. И в ряде случаев отказ сооружения (конструкции) был вызван не фактором, который учитывался при расчете, а так называемыми «вторичными» факторами, которые появились в результате воздействия «основного». «Вторичные» факторы могут присутствовать изначально в материале конструкции, могут быть внесены конструктором в ходе проектирования или при воздействии технологических процессов во время изготовления или монтажа, а также при эксплуатации [2]. Их влияние на стадии проектирования достаточно трудно оценить. С другой стороны, иногда конструктор пытается сделать оценку возможного влияния некоторых факторов, но рассматривает их проявление в отрыве от других. Таким образом, несмотря на достаточно хорошо разработанную теорию расчета и использование программных комплексов, все же человеческий фактор на данном этапе является одним из главных.

Однако даже тяжелые аварийные ситуации не должны приводить к катастрофическим последствиям для системы, обслуживающего персонала, да и других людей, находящихся в опасной зоне. Надежные результаты в прогнозах последствий аварий можно получить лишь с помощью натуральных экспериментов. Однако возможности экспериментального изучения последствий аварий крайне ограничены слабостью экспериментальной базы, высокой стоимостью и значительными сроками выполнения таких работ.

Это делает настоятельно необходимым получение информации о развитии аварийных

процессов с оценкой их безопасности с помощью математических моделей. Наличие теоретических оценок обычно позволяет повысить эффективность экспериментальных исследований, сократить число натурных опытов. При моделировании развития аварийных процессов, представляющих опасность для системы и обслуживающего персонала, обычно не рассматриваются причинно-следственные связи, приводящие к аварийной ситуации. Считается, что авария произошла и необходимо только убедиться, что при этом система понесет минимальные конструктивные разрушения, а обслуживающий персонал не погибнет. Какие-либо вероятностные оценки при этом не используются, да и вряд ли в общем случае это можно сделать.

В настоящее время все проектные работы производятся в строгом соответствии с нормативными и рекомендательными документами по основным элементам строительных сооружений. Причем все проектные работы выполняются для «наихудших» условий функционирования конструкции, то есть на сочетание предельно максимальных нагрузок, что, в принципе, является излишней «перестраховкой».

Цель и постановка задачи исследования

Создание расчетной модели для оценки надежности и долговечности сооружения (конструкции) является очень сложной задачей. Она, как правило, может помочь составить картину напряженно-деформированного состояния конструкции для какого-либо конкретного случая, и должна строиться для каждого вида загрузки, состояния конструкций и отклика их на силовые факторы. Например, расчетная модель свайного закрепления сооружения не может быть идентичной при вертикальных и горизонтальных нагрузках (и в т.ч. сейсмических), в особенности, при обводненных грунтах, когда адгезионные свойства сцепления грунта с боковой поверхностью свай резко снижаются. Или при проектировании каркасных сооружений для сейсмоопасных районов выбираются принципиальные конструктивные схемы сооружения; определяются характер и величина распределения усилий и геометрические размеры несущих конструкций от основных загрузок; создается расчетная динамическая модель, и находятся возможные динамические усилия (в зависимости от интенсивности землетрясения) в наиболее опасных участках расчетной модели; учитывается возможность их проявления в местах, которые определяют прочность и надежность элементов и их соединений.

На последнем этапе инженер использует формулы сопротивления материалов без учета состояния элементов. И если их влияние при статических нагрузках не всегда опасно для конструкций, то при циклических нагружениях они могут провоцировать появление хрупких трещин, которые могут привести к разрушению. Не всегда учитывается и влияние температурного фактора. А эти факторы (наличие концентраторов напряжений, температурный фактор и т.д.) могут послужить

спусковым механизмом, вызывающим аварию конструкции или всего сооружения.

Основные результаты и их анализ

Рассмотрение напряженно-деформированного состояния конструкций сооружения от одного фактора, даже при его максимальных значениях, не может дать объективной картины его надежности. Известны многие случаи разрушения сооружений при нагрузках, значительно меньше критических (например, разрушение Такомакого моста в США), когда могут проявиться резонансные явления. Можно привести еще много примеров, когда аварии произошли в результате проявления нескольких факторов, часть из которых были вызваны факторами «первого рода» [3–5].

Аварийные ситуации могут возникнуть и при изменении технологических процессов, в результате ремонтных или профилактических работ, например, катастрофическая авария XX века, произошедшая на Чернобыльской атомной электростанции 26 апреля 1986 г.

Технологические процессы могут вызывать и техногенные проявления, способные вызывать катастрофы в целом регионе. К таким процессам можно отнести закачку в скважины жидких агентов для повышения отдачи углеводородного сырья из пластов. Известен опыт штата Колорадо (США), где после закачки жидкости в скважины резко повысился сейсмический риск в регионе [6].

При определенных условиях, когда поровое давление воды достигает определенного порога, грунт разжижается и не может выдерживать тех напряжений, которые в нем появились до этого процесса. Такой эффект крайне опасен для сооружений, добывающих углеводороды на Азово-Черноморском шельфе, учитывая, что разлом Вранча в Карпатах расположен очень близко от шельфовых углеводородных месторождений.

Геологи и специалисты, ведущие добычу углеводородов на Азово-Черноморском шельфе, должны учитывать эти особенности, так как катастрофа на шельфе может отразиться не только непосредственно на добывающем регионе, но и на всех странах Азово-Черноморского бассейна.

Особенно сложно вести мониторинг коррозионного состояния конструкций, находящихся в эксплуатации под нагрузкой. В идеальном случае предупреждение коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) должно начинаться при выборе стали. Уже на этой стадии проектирования следует руководствоваться соображениями возможного возникновения и изменения напряжений, вызванных механическими причинами, химическим составом или условиями окружающей среды (например, высоким содержанием H_2S в водах Черного моря). Сероводородная среда интенсивно наводороживает верхние слои стальных элементов (например, морских трубопроводов), а при наличии растягивающих напряжений, особенно при пульсирующих значениях, могут быстро развиваться волосные трещины, приводящие к хрупким разрушениям.

Основными параметрами, которые используются при оценке чувствительности металла к КРН, являются пороговые напряжения или фактор интенсивности напряжений, при превышении которых скорость распространения трещин приводит к разрушению элемента (конструкции). Одним из путей снижения риска КРН является подбор химсостава и структуры сплава. Существует целый ряд примеров, когда небольшие изменения в химическом составе сплава могут оказать значительное влияние на чувствительность его к КРН. Но это тоже многофакторная задача, и она может быть решена при учете этих факторов [7].

Надежность и долговечность сложных строительных систем можно значительно повысить, применяя системный подход при оценке прочности сооружения. Системный подход позволяет [8–12]:

еще на стадии разработки проекта оценить влияние на надежность сооружения тех или иных факторов при заданной вероятности как от отдельных силовых воздействий, так и при их одновременном возможном воздействии;

получить картину напряженно-деформированного состояния и выявить «вторичные факторы», которые могут повлиять на надежность объекта;

более объективно составить картину произошедшего отказа или аварии сооружения и оценить остаточный ресурс несущей способности конструкций с учетом действительного состояния и после усиления (реконструкции).

Рассматриваемый в статье класс задач отличается тем, что оптимальное сочетание параметров элементов конструкций оказывается на границе функциональных ограничений. Этот, довольно обширный класс задач, включает в себя подавляющее число задач проектирования систем, поскольку функционирование последних происходит в рамках большого числа ограничений (ограничений по нагрузкам, габаритам, по прочности и жесткости отдельных элементов конструкции, допустимым отклонениям варьируемых параметров, по стоимости и другие) [10].

Если оптимальное решение искать без учета помех методами нелинейного программирования, и оно оказывается принадлежащим детерминированной границе, то это означает, что в реальных условиях (при наличии помех), практически в 50% случаев будет иметь место отказ системы. Найденное таким образом оптимальное решение может служить основой для определения вероятностных характеристик ограничений задачи в этой области. Остается только определиться с вероятностными характеристиками функциональных границ и найти новое решение для заданной вероятности их не нарушения [10].

В связи с этим, несомненно, актуальным является анализ строительных конструкций с использованием стохастических моделей их загрузки, особенно при внешнем сейсмическом воздействии. Такой подход позволит оптимизировать параметры элементов свайных конструкций и их конфигурацию

для любой заданной вероятности их безопасного функционирования.

Системный подход позволяет строить процесс исследований напряженно-деформированного состояния сложных конструкций и сооружений в виде шаговых процедур, наиболее эффективно ведущих к достижению поставленной перед исследователем цели.

Основные этапы разработки методики комплексного проектирования:

– разработка математической модели прочности и жесткости элементов свайной конструкции при действии на нее детерминированной внешней нагрузки;

– разработка стохастической модели прочности и жесткости элементов свайной конструкции с учетом реальных разбросов (в пределах нормативных допусков) геометрических характеристик и физических свойств материалов элементов сооружения;

– разработка пакета программ нелинейного и стохастического программирования.

Из всего выше сказанного вытекает следующая последовательность оптимизации выделенного класса задач проектирования с использованием их стохастических моделей, включающая три этапа.

На первом этапе осуществляется поиск оптимального решения на детерминированной модели.

Второй этап – статистический анализ функциональных ограничений в окрестности оптимального решения, полученного на первом этапе, и построение области допустимых решений задачи по вероятности.

На третьем этапе осуществляется поиск оптимального решения задачи для новой системы функциональных ограничений.

Для численных исследований сложных строительных конструкций и сооружений следует применять программные комплексы общего назначения. Наряду с этим, для расчета определенных типов сооружений могут использоваться программы, в зависимости от степени, специализации которых накладываются ограничения на возможность выбора расчетной схемы. Для программ общего назначения predetermined набор типов расчетных элементов, выбор которых и способ объединения для аппроксимации работы строительной конструкции зависят от инженера-исследователя, исходящего из принципов [10]:

I – расчетная схема сооружения должна назначаться в соответствии со схемой деформирования или разрушения сооружения, подтвержденных строительной практикой;

II – поскольку расчетная схема – аналог механической модели сооружения, в нее вводятся упрощающие гипотезы, позволяющие выделить определяющие факторы, влияющие на работу конструкции (рассчитываемая конструкция находится в менее благоприятных по сравнению с действительностью условиях, кроме того, учитывается требование экономической целесообразности проектируемой конструкции);

III – для расчета некоторых конструктивных элементов или их систем целесообразно иметь несколько расчетных схем, каждая из которых имеет область применения (расчетные схемы отличаются степенью подробности аппроксимации, свойствами расчетных элементов и др.; критерием для выбора той или иной модели служит оценка результата, удовлетворяющего условиям поставленной задачи).

Выводы

Таким образом, для прогноза развития аварийных процессов, которые могут привести к катастрофическим последствиям, следует применять детерминированные модели этих процессов. При их разработке необходимо стремиться выстраивать систему допущений таким образом, чтобы они, то есть допущения, приводили к ошибкам в оценках максимальных нагрузок на элементы конструкции системы в безопасную зону (в сторону их увеличения). Помимо нагрузок это относится к другим факторам, влияющим на безопасность.

Прогрессивные формы и методы организации проектной стадии, достижения в типичном проектировании, транспортные схемы в составе сметных цен должны быть и реальными, и экономическими, учитывающими структуру рационально составленных связей строительства с отраслями промышленности. Это в полной мере отвечает современной стадии проектирования как неотъемлемой части всего инновационного комплекса в строительстве.

Системный анализ процессов проектирования строительных объектов во многих случаях может стать базой для эффективного использования информационного пространства, окружающего строительный объект от момента возникновения идеи о необходимости его возведения до момента его утилизации (разрушения) [8–12].

Список литературы

1. Югов А.М. Оценка надежности металлических конструкций на этапах жизненного цикла / А.М. Югов – Макеевка: ДонГАСА, 2003. – 206 с.
2. Ажермачёва К.С. О причинах наклона опытного ледостойкого основания в акватории Азовского моря / К.С. Ажермачёва // Сб. науч. трудов Украинского института стальных

конструкций имени В. Шимановского. – Киев: Сталь, 2011. – Вып. 7. – С. 6–11.

3. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений / А.В. Шимановский и [др.] – Киев: Сталь, 2008. – 463 с.

4. Королев В.П. Анализ рисков и предупреждение аварийных ситуаций по критериям технологической безопасности конструкций зданий и сооружений / В.П. Королев, И.В. Кушенко // Сб. науч. трудов Украинского института стальных конструкций имени В. Шимановского. – Киев: Сталь, 2011. – Вып. 7. – С. 103–110.

5. Колесниченко С.В. Принципы определения остаточного ресурса строительных конструкций в условиях их длительной эксплуатации / С.В. Колесниченко // Сб. науч. трудов Украинского института стальных конструкций имени В. Шимановского. – Киев: Сталь, 2011. – Вып. 7. – С. 86–95.

6. Гир, Дж. Зыбкая твердь / Дж. Гир, Х. Шах. – М.: Мир, 1988. – 220 с.

7. Parkins, R. Prevention and control of stress corrosion cracking / R. Parkins // Materials Performance. – 1985. – Vol. 24, № 8. – P. 9–20.

8. Волков, А.А. Информационная поддержка процессов оперативного влияния на динамику чрезвычайных ситуаций в строительных объектах / А.А. Волков // Большой Российский каталог. Строительство. – М.: Каталоги и справочники, 2000. – С. 38–40.

9. Volkov, A.A. Aktive Sicherheit von Bauobjekten in aussergewohnlichen Situationen / A.A. Volkov // IKM 2000, ABSTRACTS: PROMISE AND REALITY. – Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, 2000. – 49 p.

10. Системный подход к проектированию строительных конструкций / Владимир Чемодуров, Элла Литвинова, Виктория Вдовиченко // MOTROL. – Commission of motorization and energetic in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin, 2014. – Vol. 16, No 5. – P. 281–285.

11. Петров В.П. Общая теория систем / В.П. Петров, И.С. Сидоров, К.А. Козлов. – СПб.: Научная мысль, 2005. – 480 с.

12. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – СПб.: Изд. СПбГТУ, 1997 – 510 с.

V. Chemodurov, S. Azhermachev, E. Litvinova, K. Pshenichnaya–Azhermacheva, B. Litvinov

A SYSTEMATIC APPROACH TO MONITORING CONSTRUCTION PROJECTS, WORKING IN DIFFICULT CONDITIONS

Summary: Research objective – creation of a technique of designing of elements of building designs, their configurations by working out of a stochastic method of optimization of parameters taking into account casual character of external loadings, characteristics of used materials, errors of manufacture and other random factors influencing reliability of the created design.

Key words: Settlement model, the stochastic model, the intense–deformed condition, pile designs, the system analysis, the optimum decision.

УДК 624.154

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СВАЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ (МСП)

Чемодуров В.Т., Ажермачев С.Г., Пшеничная-Ажермачёва К.С.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

Аннотация. Рассматриваются основные факторы, влияющие на устойчивость морских стационарных платформ (МСП). Предлагается новое конструктивное решение трубчатой сваи, позволяющее повысить надежность морских сооружений, опирающихся на слабонесущие грунты.

Ключевые слова. свая, морская платформа, устойчивость, конструктивное решение.

Введение

Для разведки и добычи углеводородов на шельфе морей используются морские стационарные платформы (МСП). Эти сложные и дорогостоящие сооружения в последние десятилетия получили широкое применение, в том числе и для регионов с высокой сейсмической активностью. Эксплуатация МСП сопряжена с большим риском, поскольку возникновение аварийных ситуаций способно привести к значительным негативным последствиям экологического и экономического характера, и к человеческим жертвам [1, 2].

Надежность свайного закрепления на всем протяжении периода эксплуатации сооружения (20-40 лет) зависит от свойств подстилающих грунтов, а также характера внешних воздействий.

Часто в шельфовых зонах морей для закрепления МСП служат глинистые или илистые пласты грунта. Характерным отличием морских глин является тот факт, что размер составляющих их частиц значительно меньше, чем у материковых. Отличается и характер связей между частицами, что заметно отражается на прочности и устойчивости морских глин при некоторых экстремальных условиях. В настоящее время при проектировании свайных закреплений МСП данный фактор учитывается недостаточным образом.

Анализ основных публикаций

Проектирование свайных оснований для морских платформ осложняется тем, что сваи погружают на глубину 100 м и более. Соответственно, они проходят сквозь грунтовые пласты различной прочности, способные изменять свои характеристики при технологических и природных воздействиях [3, 4].

Известен наглядный пример укрепления свайного основания газодобывающей платформы North Rankin «А» на Австралийском шельфе.

Платформа была установлена на глубине 125 м и возвышалась на 165 м от уровня дна. Закрепление сооружения производилось с помощью

32 трубчатых свай диаметром 1800 мм, которые были забиты в грунт на 120 м. Перед началом эксплуатации платформы специалисты сделали вывод, что несущая способность свай недостаточна. Для ее повышения у концов 16 свай в грунте были разбурены конусные полости диаметром 5 м, после чего туда было введено 75 м³ бетонной смеси под давлением 11-20 МПа (рис.1). Стоимость работ по укреплению основания платформы составила 250 млн австралийских долларов [5].

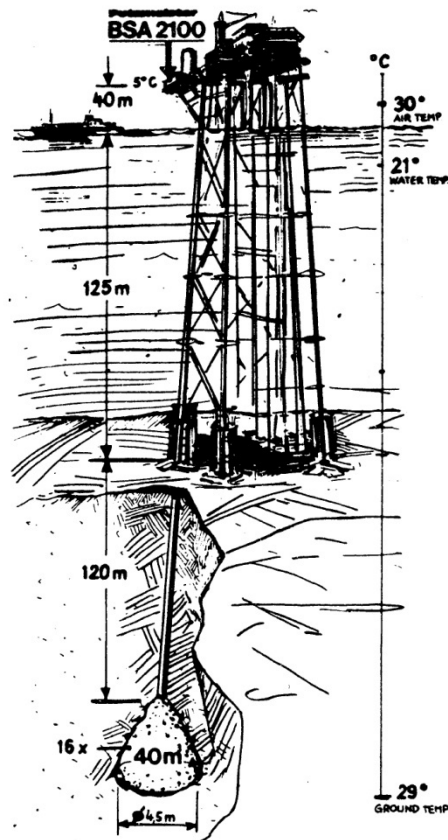


Рис.1. Усиление свай платформы: 1 — свая; 2 — бетонное подкрепление

Для объектов, возводимых на слабонесущих грунтах в материковых зонах, разработаны способы увеличения их несущей способности и применяются многие конструктивные решения свай, обеспечивающие достаточно надежную эксплуатацию [6]. Эти сваи применяются при глубинах их погружения 4-10 м, но когда свая в длину достигает 50-100 м и более и проходит несколько грунтовых пластов с различными свойствами, то оценку ее работы произвести достаточно трудно, особенно при слабых, водонасыщенных грунтах.

Постановка задачи исследований

Свайные основания объектов, в частности, морских платформ, строящихся в шельфовых зонах, должны обладать гарантируемой несущей способностью при нормальной эксплуатации сооружения и при экстремальных силовых воздействиях (штормовые волны, землетрясения и т. п.). Следовательно, является целесообразной разработка новых конструктивных решений

свайных оснований, использование которых позволило бы повысить надежность морских сооружений.

Результаты исследований

На кафедре механики и сейсмостойкости сооружений Академии строительства и архитектуры Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского разработаны конструктивные решения свай для закрепления МСП при слабонесущих грунтах [11, 12], позволяющие повысить надежность сооружения при экстремальных воздействиях (рис.2).

Принципиальное конструктивное решение данной сваи представляет собой трубчатую конструкцию с перфорированными по высоте на заданном уровне стенками [12]. Перфорация в стенках сваи позволяет закачивать в окружающий грунт цементные растворы или мелкозернистые бетоны. С одной стороны, это укрепляет окружающий грунт, а с другой стороны, повышает адгезию грунта на внешней поверхности сваи.

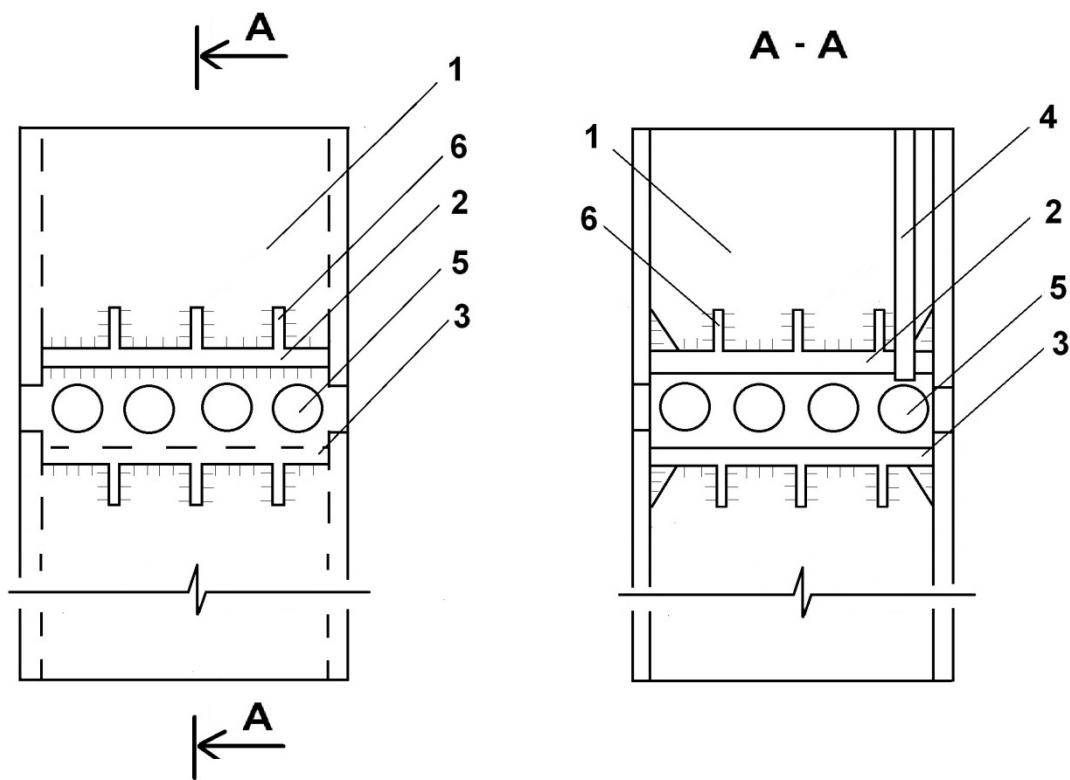


Рис.2. Предлагаемое конструктивное решение сваи: 1 — стенка сваи; 2 — верхняя поперечная диафрагма; 3 — нижняя поперечная диафрагма; 4 — трубка для закачивания цементного раствора в междифрагменное пространство; 5 — отверстия в стенке сваи; 6 — упоры.

Расположение перфорированных участков сваи определяется индивидуально. Они могут быть предусмотрены как в верхней зоне, где всегда наблюдается значительное разжижение слабого грунта на глубину до 1-2 м и возможно оголение оголовков свай при воздействии волн и течений, так и в местах расположения слабых грунтов по всей длине сваи, а также в торце сваи для увеличения отпора при опирании на грунт.

Все это создает условия для обеспечения надежности свайных закреплений и создания расчетных моделей, более реально отражающих напряженно-деформированное состояние свай.

Выводы

1. При освоении месторождений углеводородов на шельфе морей используют сложные, дорогостоящие сооружения — морские платформы. Аварии таких сооружений приводят к значительным негативным экологическим и экономическим последствиям и человеческим жертвам, следовательно, морские платформы должны обладать высокой эксплуатационной надежностью.

2. При воздействии штормовых волн, течений, сейсмических проявлений грунты на внешней поверхности свай теряют сцепление и могут разжижаться, что приводит к снижению несущей способности свай.

3. Применение трубчатых свай с перфорированными на заданной высоте стенками позволяет повысить несущую способность грунтов за счет закачивания цементного раствора и повышения адгезии поверхности свай с грунтом.

4. Для снижения рисков аварий необходим мониторинг состояния конструкций и окружающей среды с момента установки сооружения и до его демонтажа.

Список литературы

1. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе / Симаков Г.В. [и др.]. - Л.: Судостроение, 1989. - 328 с.

2. Доусон Т. Проектирование сооружений морского шельфа [Текст] / Т. Доусон. — Л.: Судостроение, 1986. - 287 с.

3. Душко В.Р. Устойчивость морских буровых платформ на мягких и подвижных грунтах / В.Р. Душко: - дис. ...канд. техн. наук. Севастополь, 2007. - 142 с.

4. Шадунц К.Ш. О взаимодействии боковой поверхности свай с окружающим их грунтом основания / К.Ш. Шадунц // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2006. - Вып.№19. - С. 1-11.

5. Gas platform saved by the bells // Int. Constr. 1988. Vol.27. №12. — P. 508.

6. Акопян В.Ф. Новые виды свай /В.Ф. Акопян, А.Ф. Акопян, Л.Н. Панасюк, Чантха Хо // Инженерный вестник Дона. - 2011. - Вып. 6, том 16. - С. 215-219.

7. Левенстам М.В. Расчет защемления сваи в стадии упруго-пластической работы грунта / М.В. Левенстам, В.В. Левенстам // Строительство и техногенная безопасность. - 2005. - Вып.11. - С. 95-98.

8. Линченко Ю.П. Метод интегральных конечных элементов в моделировании свайного основания / Ю.П. Линченко, А.А. Горусов // Строительство и техногенная безопасность. - 2009. - Вып.28. - С. 5-8.

9. Тер-Мартirosян З.Г. Ползучесть и длительная несущая способность длинной сваи, погруженной в массив из глинистого грунта / З.Г. Тер-Мартirosян., В.В. Сидоров, К.З. Тер-Мартirosян // Вестник МГСУ. - 2013. - №1. - С. 109-115.

10. Бахолдин Б.В. Обобщение результатов экспериментальных исследований и предложения по расчету свай на горизонтальные нагрузки с учетом их гибкости / Б.В. Бахолдин, Е.В. Труфанова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура». - 2013. - Вып.31(50). Ч.2. Строительные науки. - С. 227-232.

11. Патент Украины №75070. Трубчатая паля. / Пшеничная-Ажермачёва К.С.; Заявл. 27.03.2012. Оpubл. 26.11.2012. Бюл. №22.

12. Чемодуров В.Т., Ажермачёв С.Г., Пшеничная-Ажермачёва К.С. Трубчатая свая: пат. 158037 Российская Федерация. 2015. Бюл. №35.

Chemodurov V. T., Azhermachev S. G., Pshenichnaya–Azhermacheva K.S.

THE USE OF NEW CONSTRUCTIVE SOLUTIONS TO THE PILES TO INCREASE THE STABILITY OF FIXED OFFSHORE PLATFORMS (SMES)

Summary. In the article the main factors affecting the stability of offshore platforms are considered. The new design of tubular piles that improve the reliability of offshore structures, based on the soft soil, it is proposed.

Keywords. pile, offshore platform, stability, technical design

Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 629.7.036 621

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФУЗОРНОГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Боровский Б.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: tim4enko.zin@yandex.ru

Аннотация. В статье приводится анализ течения в конфузорном центробежном колесе, показано, что течение в таком колесе качественно отличается от течения в диффузорном колесе. Течение в конфузорном колесе увеличивает теоретический напор колеса. Экспериментальные исследования центробежных насосов с конфузорными колёсами показали, что с увеличением конфузорности повышается напор и КПД насоса при снижении уровня пульсаций и вибраций насоса. Приведена математическая модель оптимизации конфузорного колеса. Показано, что некоторое отклонение от оптимальности не исключает конфузорного эффекта течения в центробежном колесе.

Ключевые слова: центробежный насос, конфузорное колесо, конфузорное течение жидкости, теоретический и действительный напоры колеса, оптимизация процесса.

Введение

Насосы входят в различные технические системы, в том числе, в системы жизнеобеспечения зданий и сооружений. Они определяют их надёжность, ресурс, технико-экономические характеристики и энергоэффективность. Поэтому создание энергоэффективных насосов с высокими эксплуатационными и рабочими характеристиками является актуальной проблемой. Предлагается оптимизация центробежных колёс нагнетателей за счёт введения оптимальной конфузорности их межлопастных каналов. Это позволит повысить экономичность, и напорность центробежных насосов при снижении вибрации и пульсации. Эффективность предложения подтверждается полученными экспериментальными данными центробежных насосов.

Обзор литературы

В работе [1] теоретически решена задача обтекания решётки профилей центробежного колеса. Показано, что характер течения существенно различается в зависимости от конфузорности межлопастного канала колеса, определяемой отношением площадей колеса на входе и выходе:

$$F_1/F_2 = D_1 b_1 \sin \beta_{1л} / D_2 b_2 \sin \beta_{2л}, \quad (1)$$

где цифрами 1 и 2 обозначены параметры колеса на входе и выходе.

В случае диффузорных колёс $F_1/F_2 \leq 1$, при конфузорных колёсах $F_1/F_2 > 1$. Для диффузорного колеса коэффициент влияния конечного числа лопастей K_Z всегда меньше единицы ($0 \leq K_Z \leq 1$), $\overline{H}_T < \overline{H}_{T\infty}$ (теоретический напор колеса всегда меньше теоретического напора

при бесконечном числе лопастей), а угол отставания потока на выходе колеса от направления лопастей $\delta = \beta_{2л} - \beta_2$ является положительным, $\delta > 0$. При конфузорных колёсах $F_1/F_2 > 1$ угол отставания потока оказывается отрицательным, $\delta < 0$ и поэтому угол потока на выходе больше угла лопасти, $\beta_2 > \beta_{2л}$. В связи с этим возможны значения $K_Z > 1$, $K_Z < 0$ и $\overline{H}_T > \overline{H}_{T\infty}$. В частности, возможно $\overline{H}_T > 0$ при $\overline{H}_{T\infty} < 0$. Изложенное показывает, что в конфузорном колесе характер течения обеспечивает повышение напора без увеличения наружного диаметра и частоты вращения колеса. Конфузорность течения определяется отношением скоростей потока на выходе и входе в колесо

$$w_2/w_1 = \overline{D}_1 \frac{b_1 \sin \beta_1}{b_2 \sin \beta_2}. \quad (2)$$

$$\text{где } \overline{D}_1 = \frac{D_1}{D_2}.$$

Угол потока на выходе колеса находится из формулы

$$\text{ctg} \beta_2 = \frac{(1 - \overline{H}_T)}{c_{2m}},$$

$$\text{где } \overline{H}_T = \frac{H_T}{u_2^2}; \quad c_{2m} = \frac{c_{2m}}{u_2}.$$

Эти особенности течения в конфузорном центробежном колесе экспериментально подтверждены при испытаниях конфузорного

колеса ($F_1/F_2 = 2,2$; $\beta_{2л} = 10^0$). Колесо работало в свободном пространстве без спирального сборника, углы потока на выходе колеса непосредственно измерялись [2]. В работах [3] и [4] испытания центробежных насосов со спиральными сборниками показали энергетическую эффективность использования конфузورных колёс с большой степенью конфузорности. Исследования [5], проведенные на насосе с диффузорным и конфузорным колёсами показали, что насосу с конфузорным колесом соответствуют меньшие пульсации и вибрации. В работе [6] получены соотношения для расчёта конфузорных колёсах. Однако вопросы оптимизации конфузорных колёс в литературе отсутствуют.

Цель и постановка задачи

Целью статьи является совершенствование центробежных насосов. Задача состоит в разработке

математической модели гидродинамической оптимизации конфузорных колёс центробежных насосов для обеспечения высокой энергоэффективности насосов.

Метод исследований

Методом исследований является анализ литературных данных с последующим математическим способом разработки модели гидродинамической оптимизации конфузорных колёс центробежных насосов.

Основная часть

Прежде всего дополним экспериментальные результаты работы [4] рядом расчётных отношений скоростей w_2/w_1 и параметров, характеризующих энергетическую эффективность вариантов насоса (таблица).

Таблица 1.

Данные испытанных вариантов центробежного насоса ($\bar{D}_1 = 0,58$, $Z = 7$)

Вариант	$\beta_{1л}$, град.	$\beta_{2л}$, град.	F_1/F_2	$\bar{H}_{T\infty}$	K_Z	δ , град.	w_2/w_1	H_T/H_{T0}	H/H_4	η/η_4
1	78,5	9	11,4	-0,38	-1,68	-22,3	3,03	1,56	1,74	1,19
2	58,5	20	4,5	0,402	1,34	-5,0	2,65	1,32	1,65	1,13
3	37,0	20	3,2	0,402	1,40	-1,5	1,57	1,37	1,30	1,05
4	25,5	20	2,3	0,402	1,02	-0,25	1,50	1,0	1,0	1,0

В таблице указана различная конфузорность вариантов насоса, которая достигалась изменением входных и выходных углов лопастей. Значения теоретического напора при бесконечном числе лопастей $H_{T\infty}$ соответствуют режиму 0,218. Для варианта 1 значение $H_{T\infty}$ является отрицательной величиной. Несмотря на это, напор насоса H для этого варианта величина положительная, что подтверждает выше приведенные теоретические результаты. В таблице вариант 4 имеет наименьшую конфузорность, поэтому сравнение других вариантов с этим вариантом по эффективности покажет с запасом преимущества конфузорных колёс над диффузорными. При этом рост напора и КПД насоса коррелируются с ростом теоретического напора колеса. Видно, что наибольшее преимущество соответствует варианту 1 с наибольшей конфузорностью. Значения теоретического напора H_T , действительного напора H и КПД η больше в 1,56; 1,74; 1,19 раз. Таким образом, для создания энергоэффективных конфузорных колёс следует ориентироваться на колёса с большой конфузорностью, учитывая при

этом проектирование входной части колеса из условия обеспечения высокой антикавитационной устойчивости насоса (в частности, принимаются малые углы атаки и, следовательно, небольшие значения угла $\beta_{1л}$). При этом условии получаются колёса с умеренной конфузорностью как, например, вариант 4, эффективность которого заключается только в увеличении коэффициента K_Z на 30% по сравнению с диффузорным колесом. Отметим, что возможно увеличение конфузорности колес вентиляторов и компрессоров, где не стоит вопрос о кавитации. В случае насосов к повышению конфузорности может привести установка перед колесом шнека и проектирование колёс второй и последующих ступеней многоступенчатого насоса, для которых проблема кавитации уже отсутствует. Перейдем к вопросу оптимизации конфузорных колёс. В работе [6] обобщены результаты расчётов [1] и получены следующие аналитические соотношения для расчёта теоретического напора конфузорного центробежного колеса, которые значительно облегчают вопросы оптимизации:

$$\bar{H}_T = \bar{H}_{T0} (\bar{H}_{T\infty} + \alpha_F \cdot \bar{c}_{2m}), \tag{3}$$

$$\bar{H}_{T0} = 1 - 0,333 \left[1 - \left(1 - \frac{7}{z} \sqrt{\frac{\beta_{1л} + \beta_{2л}}{360}} \right)^2 \right] - 0,47 \bar{D}_1^3 (1,2 - \tau_K)^2 / \sin \beta_{2л};$$

третий член равняется нулю при густоте решётки колеса $\tau_K > 1,2$, густота решётки определяется по формуле:

$$\tau_K = z/\pi \sqrt{1 + 4\bar{D}_1 \sin^2 \frac{\beta_{1л} + \beta_{2л}}{2} / (1 - \bar{D}_1)^2}$$

$$\bar{H}_{T\infty} = 1 - \bar{c}_{2m} \cdot \text{ctg} \beta_{2л};$$

$$\alpha_F = k \left(\frac{F_1}{F_2} - 1 \right) z^{0,333}. \tag{4}$$

В работе [6] указано, что $k = 0,95$. Однако, выше приведенные результаты испытаний четырёх вариантов центробежных насосов с конфузорными колёсами ($F_1/F_2 = 2,3 - 11,4$) показали, что

значение коэффициента $k = 0,95$ значительно превышает величину теоретического напора. Расчёт при коэффициенте корреляции 0,987 даёт значение $k = 0,28$. Тогда соотношение (4) примет вид:

$$\alpha_F = 0,28 \left(\frac{F_1}{F_2} - 1 \right) z^{0,333}. \tag{5}$$

Из формулы (3) и (5) следует, что к увеличению коэффициента теоретического напора \bar{H}_T ведёт рост \bar{H}_{T0} , $\bar{H}_{T\infty}$, \bar{c}_{2m} , числа лопастей z и отношение F_1/F_2 , при этом \bar{H}_T линейно возрастает с увеличением разности ($F_1/F_2 - 1$). Влияние \bar{H}_{T0} не велико, так изменение суммы $\beta_{1л} + \beta_{2л}$ с 30^0 до 40^0 уменьшает значение \bar{H}_{T0} от 0,835 до 0,815, то есть на 2,4%; увеличение числа лопастей z с 7 до 10 повышает

α_F на 13%, с ростом z связано некоторое повышение \bar{H}_{T0} . Наибольшее влияние оказывает увеличение \bar{c}_{2m} и отношения F_1/F_2 . Вместе с тем, с увеличением \bar{c}_{2m} происходит падение $\bar{H}_{T\infty}$, а рост F_1/F_2 ведёт к существенному уменьшению ширины колеса на выходе b_2 . Из выражения (1) получим зависимость для отношения

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{F_1 D_2 \sin \beta_{2л}}{F_2 D_1 \sin \beta_{1л}}. \tag{6}$$

Так при $D_1/D_2 = 0,5$, $\beta_{1л} = 20^0$ и $\beta_{2л} = 9^0$ увеличение F_1/F_2 от 2 до 10 приводит к росту отношения b_1/b_2 с 1,8 до 9,0 – в 5 раз.

обеспечивать, прежде всего, конструктивный размер b_2 .

Принятое значение \bar{c}_{2m} должно удовлетворять гидравлической связи:

Поэтому, увеличивая коэффициент \bar{H}_T , надо

$$\bar{c}_{2m} = \frac{Q}{u_2 \pi \cdot D_2 b_2}.$$

Если входная часть колеса определена и найдены

отношения b_1/b_2 и \bar{D}_1 , то $\bar{c}_{2m} = \bar{D}_1 \frac{b_1}{b_2} \frac{c_{1m}}{u_1}$.

Найдём условия оптимизации параметров конфузорного колеса. Принимая параметр \bar{H}_{T0} постоянным из – за малого его варьирования, будем искать оптимум для отношения \bar{H}_T/\bar{H}_{T0} .

Используем формулы (3), (5) и для $\bar{H}_{T\infty}$, получим исходное развёрнутое соотношение:

$$\bar{H}_T/\bar{H}_{T0} = 1 + \bar{c}_{2m} \left[0,28 z^{0,333} \left(\frac{F_1}{F_2} - 1 \right) - \text{ctg} \beta_{2л} \right].$$

Раскроем круглые скобки и с помощью формулы (1) запишем:

$$\bar{H}_T / \bar{H}_{T0} = 1 + \bar{c}_{2m} \left(0,28z^{0,333} \bar{D}_1 \frac{b_1 \sin \beta_{1л}}{b_2 \sin \beta_{2л}} - \text{ctg} \beta_{2л} - 0,28z^{0,333} \right) \quad (7)$$

Из соотношения (7) видно, что первый член в скобке возрастает с уменьшением угла $\beta_{2л}$, а второй член с минусом тоже возрастает. Это может свидетельствовать о существовании оптимума. Приравняем к нулю производную от последнего

соотношения и получим оптимальное условие, соответствующие максимуму отношения \bar{H}_T / \bar{H}_{T0} :

$$\cos \beta_{2л} = \frac{1}{k}, \quad (8)$$

$$\text{где } k = 0,28z^{0,333} \bar{D}_1 \frac{b_1 \sin \beta_{1л}}{b_2}.$$

Естественно, если $k < 1$, то вариант с соответствующими параметрами не может быть оптимизирован.

Из формулы (8) видно, что оптимальный угол лопастей на выходе колеса $\beta_{2л}$ определяется

параметрами z , \bar{D}_1 , b_1/b_2 и углом $\beta_{1л}$. Увеличение всех этих параметров ведёт к росту угла $\beta_{2л}$.

Выражения (7) и (8) позволяют найти оптимальное, максимальное отношение

$$\left(\bar{H}_T / \bar{H}_{T0} \right)_{\text{макс}} = 1 + \bar{c}_{2m} \left[\frac{(k^2 - 1)}{k \cdot \sin \beta_{2л}} - 0,28z^{0,333} \right]$$

Следует отметить, что варианты колёс не оптимизируемые из-за $k < 1$, могут быть выполнены конфузорными с не оптимальными параметрами и более низкими значениями теоретического напора. Так для насоса 1 коэффициент $k = 0,94$, по формуле (8) получим оптимальную величину $\beta_{2л} = 0$ Принято

$\beta_{2л} = 9^\circ$. Конфузорность $F_1/F_2 = 11,4$ дала положительные результаты:

$$k_z = -1,68 \text{ при } \bar{H}_{T\infty} = -0,38.$$

Потери энергии в колесе определяются по формуле:

$$\bar{L}_K = 0,5 \xi_K \bar{D}_1^2,$$

$$\text{где } \xi_K = 0,15 + \frac{0,18}{(0,77 - h_{ц})}.$$

Удельная работа циркуляционных сил

$$h_{ц} = \frac{\bar{D}_1 \left(\bar{D}_1 - \frac{w_2}{w_1} \right)}{\bar{H}_T}.$$

После определения потерь энергии в колесе \bar{L}_K можно найти коэффициент действительного напора колеса

$$\bar{H}_K = \bar{H}_T - \bar{L}_K.$$

Как показали приведенные результаты испытаний вариантов насоса с конфузорными колёсами, рост теоретического напора конфузорного колеса сопровождается повышением экономичности насоса.

Выводы

1. Теоретически показана энергоэффективность конфузорных колёс центробежных нагнетателей.
2. Испытания центробежных насосов с конфузорными колёсами показали их преимущества

перед насосами с диффузорными колёсами по КПД и напору соответственно на 19 и 74%. Конфузорное колесо снижает вибрации и пульсации центробежного насоса.

3. Возможно увеличению конфузорности колес вентиляторов и компрессоров, где не стоит вопрос о кавитации. В случае насосов к повышению конфузорности может привести установка перед колесом шнека и проектирование колёс второй и последующих ступеней многоступенчатого насоса, для которых проблема кавитации уже отсутствует.

4. Уточнено соотношение для расчёта коэффициента теоретического напора конфузорного колеса.

5. Предложена математическая модель оптимизации конфузорного колеса с целью получения максимального теоретического напора

колеса, что, как показали эксперименты, приведет к значительному увеличению напора и КПД насоса.

Список литературы

1. Черняк А. П. Зависимость коэффициента μ реактивного колеса центробежного насоса от его геометрических параметров и режима работы / А. П. Черняк // Лопаточные машины и струйные аппараты. -1966. - № 1. - С. 176- 203.
2. Локшин И.Л. Применение результатов исследования вращающихся круговых решёток к аэродинамическому расчёту колёс центробежных вентиляторов / И.Л.Локшин // Промышленная аэродинамика. - 1963. - № 25. - С.121 – 183.
3. Боровский Б.И. Отклонение потока на выходе колеса центробежного насоса / Б.И. Боровский, Г.Т. Ввозный, В.Ф. Чебаевский // Энергомашиностроение. – 1969. - № 2. – С. 16 – 18.
4. Боровский Б.И. Высокооборотные лопаточные насосы / Б.И.Боровский, Н.С.Ершов, Б.В.Овсянников [и др.]; под ред. Б.В.Овсянникова и В.Ф.Чебаевского. - М.: «Машиностроение», 1975. - 336 с.
5. Боровский Б.И. Исследование пульсаций и вибраций центробежного насоса с конфузорным колесом / Б.И.Боровский, В.И.Петров, А.И.Чучеров [и др.] // Гидрогазодинамика и тепломассообмен летательных аппаратов. - 1988. - С.22 – 25.
6. Шестаков К.Н. Расчётно – теоретическая оценка коэффициента теоретического напора центробежного колеса / К.Н. Шестаков// Тр. ЦИАМ. -1980.- 32с.
7. Шейпак А.А., Овсянников Б.В. О связи гидравлических потерь центробежного колеса с долей энергии, передаваемой колесом жидкости за счёт циркуляции в относительном движении /А.А. Шейпак, Б.В. Овсянников // Изв. вузов. Авиационная техника. – 1973. – № 1. - С.114 – 116.

Borovsky B. I.

HYDRODYNAMIC OPTIMIZATION CONFUSER WHEELS OF CENTRIFUGAL PUMPS

Summary. The article provides analysis of trends in convergent centrifugal wheel, shows that the flow of liquid for that wheel in a qualitatively different from the flow in the diffuser wheel. Flows in convergent wheel increases the theoretical pressure of wheel. Experimental study of centrifugal pumps with confuser wheels showed that with the increase of confuser increased pressure and pump efficiency while reducing the level of pulsations and pump vibration. Is shown a mathematical model of optimization confuser wheel. Is show that a deviation from optimality does not exclude confuser flow effect in the centrifugal wheel.

Keywords: centrifugal pump, confuser wheel, confuser fluid flow, the theoretical and the actual pressure of the wheel, process optimization.

УДК 662.612—428.4

ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИКОЙ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Зайцев О.Н., Илаев Г.А., Атрощенко С.Ю.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

Аннотация. Предложен комплекс программ расчета взаимодействующих двух встречных вращающихся потоков, смещенных относительно друг друга. Программы разработаны и реализованы на основании полученных теоретических зависимостей коэффициента крутки потока от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока, прецессии вихревого ядра в закрученном потоке, колебания скорости при взаимодействии закрученных струй. Результаты могут быть использованы при разработке энергосберегающих технологий в теплогенерирующих установках.

Ключевые слова: закрученные потоки, вихревое ядро, прецессия, аэродинамика топки, теплогенерирующая установка.

Введение.

Работа теплоэнергетического комплекса, в области теплоснабжения коммунальных объектов, определяется в первую очередь эффективностью энергопотребления, что на сегодняшний день не отвечает современным требованиям, поставило проблему разработки, исследования и внедрения энергосберегающих технологий в ряд стратегических задач государства. Одним из решений указанной проблемы может быть использование особенностей аэродинамики вращающихся потоков, управления результирующим полем скорости при их взаимодействии [1-7]. Однако, последнее осложняется применением сильнозакрученных потоков, то есть в условиях первичного распада вихря, появления рециркуляционной зоны и возникающими низкочастотными колебаниями прецессирующего вихревого ядра (ПВЯ) в потоке. При этом вопросы влияния колебаний ПВЯ на устойчивость потока, особенно при взаимодействии вращающихся струй, аэродинамика которых изучена недостаточно, а методики эволюции поля скоростей вращающихся струй и их устойчивости с течением времени при наличии ПВЯ отсутствуют. При этом, уменьшение протяженности тепловых сетей привело к уменьшению числа теплогенерирующих установок в котельных, то есть к снижению эффективности работы оборудования вследствие его работы в неоптимальных режимах практически на всем протяжении отопительного периода, что выдвигает на первый план проблему расширения режимов работы теплоэнергетического оборудования малой мощности, применяемого, в основном, для систем децентрализованного теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства.

Целью данной работы является развитие теоретических представлений по формированию и эволюции результирующего поля скорости при

различном пространственном взаимодействии закрученных потоков, характеризующихся развитой зоной обратных токов и наличием прецессирующего вихревого ядра. Для достижения цели работы решены следующие задачи:

- теоретические исследования зависимости движения ПВЯ в закрученном потоке и определение влияние на него нутации вихревого ядра;

- разработка программы расчета движения ПВЯ в закрученном потоке, возмущающей силы, инициируемой ПВЯ, устойчивости закрученного потока при наличии обратных токов и ПВЯ, результирующей скорости при взаимодействии встречных смещенных вращающихся потоков;

Реализация результатов исследований в работе теплоэнергетического оборудования.

В настоящее время одним из наиболее перспективных методов интенсификации передачи тепла в камерах сгорания является приближение максимума температур, создаваемого взаимодействующими закрученными потоками к поверхности нагрева [8-10, 16, 19, 20].

На основании полученных в [3] результатов исследований выявлено, что применение взаимодействующих встречных закрученных потоков, смещенных относительно друг друга, позволяет автоматизировать управление формированием требуемого результирующего поля скоростей в зависимости от конфигурации пространства и тепловой нагрузки в топке котла.

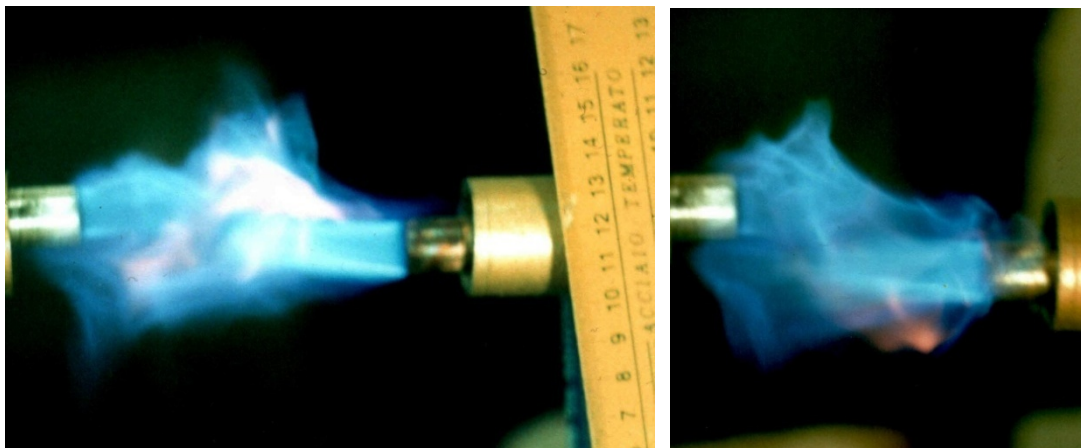
Таким образом, предложен способ интенсификации передачи тепла в камерах сгорания, заключающийся во взаимодействии двух встречных закрученных потоков, смещение которых относительно друг друга формирует требуемое результирующее поле скоростей в зависимости от конфигурации пространства топочной камеры. Сравнение экспериментальных данных результирующих скоростей при взаимодействии

встречных смещенных закрученных потоков, сходящихся под различным углом, встречных и параллельных закрученных струй показало, что предложенный способ позволяет до 20% увеличить диапазон варьирования тепловой нагрузки оборудования.

В качестве базы для визуализации получаемого в результате взаимодействия прямоточных и закрученных струй диффузионного пламени была использована горелка Бунзена, на которую коаксиально устанавливался патрубок с тангенциальным подводом воздуха, расход последнего варьировался шибером, установленным на выходе из вентилятора таким образом, чтобы не превышать коэффициент избытка воздуха более 1,1.

Формирование пламени при сжигании встречных, смещенных в горизонтальной плоскости закрученных потоков газа показало, что разрыва пламени не наблюдается даже при смещении горелок на 3 диаметра (рис.1).

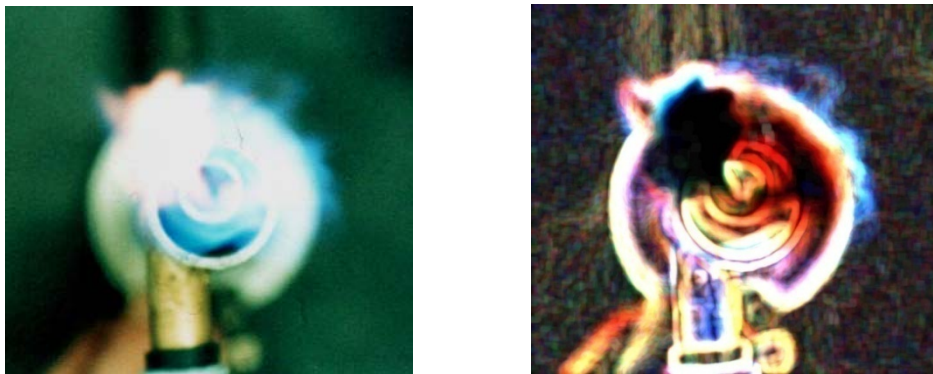
Рассмотрение пламени, образованного при крутке сжигаемого газа внешним потоком воздуха в одиночной струе (рис.2) показало, что в данном случае также имеется прецессирующее вихревое ядро, которое располагается между областью обратных токов и внешней границей струи и вследствие разности скоростей на различных участках ядра размывается и имеет собственное вращение, что подтверждает теоретические исследования, сделанные в [3].



а) Смещение 0,015 м.

б) Смещение 0,03 м.

Рис.1. Взаимодействие встречных, смещенных в горизонтальной плоскости струй сжигаемого газа.



а) Вид сверху.

б) Изолинии температурного поля.

Рис.2. Сжигание сжиженного газа в одиночной закрученной струе.

Методика расчета поля скорости при различных видах взаимодействия закрученных потоков

В соответствии с назначением разработанных средств и способов применения закрученных потоков были разработаны и реализованы на основании полученных теоретических зависимостей настоящей работы [11-15] в компьютерных программах следующие расчеты:

- зависимость коэффициента крутки потока от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока;
- моделирование прецессии вихревого ядра в закрученном потоке;
- исследования колебаний скорости в закрученном потоке;
- колебания скорости при взаимодействии закрученных струй.

Все эти расчеты объединены в один комплекс программ, позволяющий после введения исходных данных получить не только численные значения, но и графическое отображение результатов, совместимое с представлением их в других различных программных продуктах, в частности в среде «Excel».

Так для расчета зависимости степени крутки потока необходимо ввести (рис.3): d - диаметр сопла, м; a - расстояние от точки резки до сопла, м; R - радиус сопла, м; Q - массовый расход газа, кг/м³; ν - частоту колебаний вихревого ядра, с⁻¹. Полученные результаты приведены на рис.4.

Зависимость коэффициента крутки потока от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока					
d - диаметр сопла	0,1	м	коэффициент крутки потока		
a - расстояние от точки резки до сопла	0,5	м	График S(Q)		
R - радиус сопла	0,05	м			
Q - массовый расход газа	0,15	кг/м ³			
ν - частота колебаний вихревого ядра	300	с ⁻¹			
количество точек графика	30		диапазон значений	-10	30
График S(d)		График $Vy(x)$		График S(ν)	

Рис.3. Форма расчета зависимости степени крутки потока от конструктивных и динамических параметров.

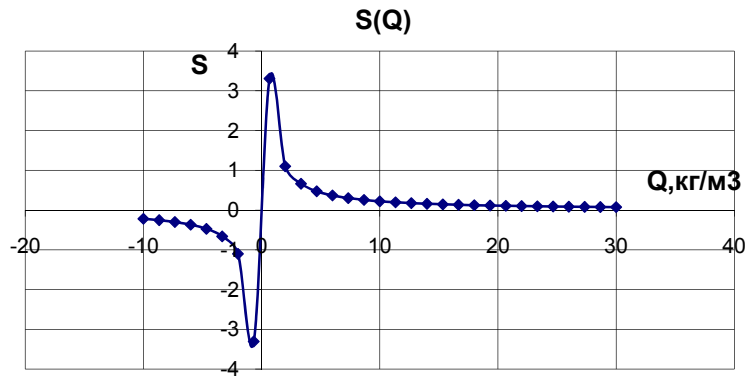


Рис.4. Результаты расчета зависимости степени крутки потока от массового расхода газа.

Для расчета прецессии вихревого ядра в закрученном потоке в соответствующие поля исходных данных необходимо ввести:

Ω — угловую скорость вращения вихревого ядра, предварительно рассчитанную по формулам, приведенным в [21];

C — константа;

x, y — текущие координаты точки;

ρ — плотность газа, кг/м^3 .

В результате расчета получают зависимости радиальной и тангенциальной скорости от скорости от амплитуды колебаний вихревого ядра и

координат (на рис.5 приведен график зависимости радиальной скорости от амплитуды колебаний вихревого ядра для выбранных исходных данных).

Расчет колебаний скорости в закрученном потоке выполняется в третьей программе, для чего необходимо ввести следующие исходные данные: Ω — угловую скорость вращения вихревого ядра, предварительно рассчитанную по формулам, приведенным в [3]; K — константа; x, y — текущие координаты точки; ρ — плотность газа, кг/м^3 ; ν — кинематическая вязкость газа; n — волновое число; t — время, с.

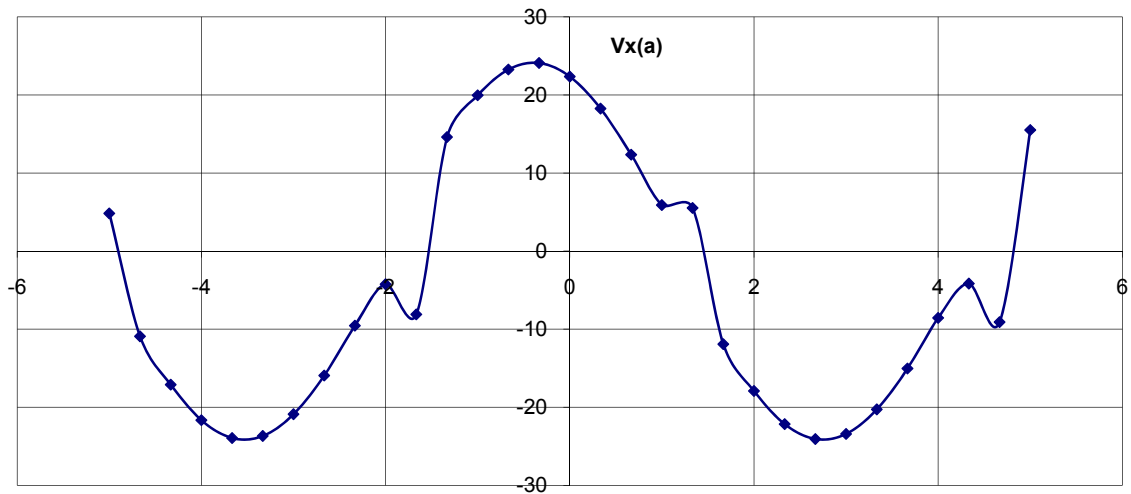


Рис.5. Результаты расчета зависимости радиальной скорости закрученного потока от амплитуды колебаний вихревого ядра.

В четвертом разделе программы выполняется расчет результирующей скорости при взаимодействии двух закрученных потоков в случае с развитым вихревым ядром в каждом из них, для чего вводятся следующие исходные данные:

Ω — угловую скорость вращения вихревого ядра;

C — константа;

x, y — текущие координаты точки;

ρ — плотность газа, кг/м^3 ;

ν — кинематическая вязкость газа;

n — волновое число;

a — эмпирический коэффициент длины смещения струй;

f — частота колебаний вихревого ядра, с^{-1} ; t — время, с.

Таким образом, по разработанным программам можно получить данные об устойчивости отдельных закрученных потоков, величине возмущающей силы при прецессии вихревого ядра, результатов воздействия закрученных струй на устойчивость создаваемой структуры.

Вывод

Результаты выполненных исследований могут быть использованы при разработке, исследовании и внедрении автоматизированных энергосберегающих технологий для повышения эффективности работы децентрализованных теплогенерирующих систем малой мощности [17-18], в частности, на основе использования закономерностей аэродинамики камер сгорания путем внедрения нового класса взаимодействующих вращающихся потоков с прецессирующим вихревым ядром. В качестве основных результатов данной работы можно указать, что причиной подавления пульсаций ПВЯ является переход его от вращения как твердого тела к вращению по закону свободного вихря, что вызывает расщепление последнего на несколько прецессирующих вихревых ядер с меньшей интенсивностью, частота колебаний которых приближается к частоте турбулентных пульсаций в турбулентной струе.

Предложен новый способ варьирования тепловой нагрузки в теплогенерирующих установках малой мощности, заключающийся во взаимодействии двух встречных вращающихся потоков, смещение которых относительно друг друга формирует требуемое результирующее поле скоростей в зависимости от конфигурации пространства топочной камеры [3, 11-15]. В соответствии с назначением разработанных средств и способов применения закрученных потоков были разработаны и реализованы на основании полученных теоретических зависимостей настоящей работы в компьютерных программах расчеты зависимости коэффициента крутки потока от частоты колебаний вихревого ядра, объема защитного газа и конструктивных параметров в области устойчивости закрученного потока, процессии вихревого ядра в закрученном потоке, колебания скорости при взаимодействии закрученных струй.

Список литературы

1. А. Гупта, Д.Лилли, Н.Сайред. Закрученные потоки: Пер. с англ. /А.Гупта, Д.Лилли, Н.Сайред. - М.: Мир, 1987,—588с.
2. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя. /Г.Штихлинг -М.: Наука, 1974.—711 с.
3. Зайцев О.Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок.// Вестник ОГАСА, Одесса, 2002. —№7. — С. 60—64.
4. Алексеенко С.В. Введение в теорию концентрированных вихрей /С.В.Алексеенко, П.А.Куйбин, В.А.Окулов.-Новосибирск:Институт теплофизики СО РАН, 2007. – 507с.
5. Штым А.Н., Воротников Е.Г., Распутин О.В., Штым К.А. Опыт освоения вихревой технологии сжигания твердого топлива // Энергетик.- 2011.- №9.- С.23-25.
6. Штым А.Н., Штым К.А. Модернизация паровых и водогрейных котлов с установкой циклонных предтопок для сжигания мазута и газа // Энергетик. -2010.-№10. –С.25-28.
7. Штым А.Н., Штым К.А., Дорогов Е.Ю. Котельные установки с циклонными предтопками: монография / А.Н. Штым, К.А. Штым, Е.Ю. Дорогов; Дальневос.федерал.ун-т. - Владивосток: Изд-во дом Дальневос.федерал.ун-та, 2012.-421 с.
8. Быстров Ю.А., Исаев С.А., Кудрявцев Н.А., Леонтьев А.И. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб. — СПб.: Судостроение, 2005.-392 с.
9. Денисихина Д.М., Бассина И.А., Никулин Д.А., Стрелец М.Х. Численное моделирование автоколебаний турбулентной струи, истекающей в прямоугольную плоскость // ТВТ. 2005. Том 43. №4 – С. 568-579.
10. Гримитлин А.М., Дацюк Т.А., Денисихина Д.М. Математическое моделирование в проектировании систем вентиляции и кондиционирования: монография / А.М.Гримитлин, Т.А.Дацюк, Д.М. Денисихина.- СПб : АВОК Северо-Запад, 2013. – 192 с.
11. Борисенко К.А., Зайцев О.Н. Современные системы обеспечения теплового режима зданий // Труды Междунар. научно-технической конф. «11-ый Европейский форум энергетиков». – Opole (Poland). – 2008.- С. 247-252.
12. Lubarec A.P., Zaitsev O.N. Power saving technologies in modern systems of water heating // Motrolyzacja I energetyka rolnictwa. Lublin: Motrol, 2009, №11, p.214-219.
13. Топорен С.С., Зайцев О.Н. Особенности конструирования теплогенерирующих установок малой мощности // Труды международной конференции «Энергия -2010», Lublin: Motrol, 2010, сб.№12С, с. 198-203
- 14.Топорен С.С., Зайцев О.Н. Компьютерное моделирование аэродинамики топки котлов // Сборник научных трудов.НПК НАПКС «Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения», вып.1, Симферополь, 2009, С.121-124.
15. Зайцев О.Н., Топорен С.С., Лукьянченко Д.М. Теплогенерирующие установки малой мощности с вихревыми топками: моногр. / О.Н. Зайцев, С.С. Топорен, Д.М. Лукьянченко. - Одесса: ОДАБА, 2014—132 с.
16. Довмир Н.М. Низкотемпературные режимы систем отопления как предпосылка эффективного применения конденсационных котлов и тепловых насосов // Пром. теплотехника. — 2008. — № 5— С. 62-68.
17. Накорчевский А.И. Система теплоснабжения теплоавтономного дома // Пром. теплотехника. — 2009. — № 1— с. 67-73
18. Юрченко О., Любарец А., Дихтярь Т., Зайцев О. Экспериментальные исследования колебаний скорости в сильнозакрученной газовой

струе с прецессирующим вихревым ядром // Труды международной конференции «Энергия -2010», Lublin: Motrol, 2010, сб. № 12С, С.266-272.

19. Боровский Б.И., Морозов А.Д., Ковалёв А.А. Использование кинематической аналогии течения жидкости для расчета геометрических параметров шнеков пневмовинтового оборудования

// Строит. и дорожные машины.- 1993. — №1. — С.21-23.

20. Воинов А.П., Воинова С.А. О перспективе развития котлостроения и котлоиспользования в Украине // Энергетика та електрифікація. — 2015. — №4. — С. 15–19.

Zaitsev, O. N., Paev G. A. Atroshchenko S. Yu.

THE PROGRAM OF THE CALCULATION OF INTERACTING SWIRLING FLOWS TO CONTROL THE AERODYNAMICS OF LOW POWER BOILERS

Annotation. The complex of programs of calculation of interacting of two counter-rotating flows shifted relative to each other. Programs are developed and implemented on the basis of these theoretical curves twist the flow rate of the vortex core frequency vibrations, volume of the protective gas and the design parameters in the field of sustainability swirling flow, the vortex core of the procession in the swirling flow, velocity fluctuations in the interaction of swirling jets. The results can be used in the development of energy-efficient heat-generating installations in the technology.

Keywords: swirling flows, the vortex core precession, the aerodynamics of the firebox, heat generating plant.

УДК 621.3.072.9

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ НА РАБОТУ АСИНХРОННЫХ МАШИН

Иванов А.В., Бекиров Э.А.* , Асанов М.М.**

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Физико-технический институт (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: bekirov.e.a@cfuv.ru* , asanov.m.m@cfuv.ru**

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы влияния отклонений частоты и фазы напряжения сети на параметры работы асинхронных машин. В частности, исследовано изменение магнитного потока и электромагнитного момента во времени при отклонении частоты и фазы сети от номинальных значений. Проанализирована параллельная работа генератора с сетью при несоответствии параметров их напряжений. Построены графики зависимости результирующего напряжения от времени и исследовано влияние отклонения частоты и фазы напряжения генератора и сети на возникновение биений.

Ключевые слова: асинхронные машины, биения напряжений, магнитный поток, электромагнитный момент.

Введение

В случае несоответствия нормам качества электрической энергии, вырабатываемой генератором, при подключении данного устройства в сеть возможно снижение эффективности работы и сокращение срока службы электрической машины.

В свою очередь, асинхронные двигатели являются крупными потребителями реактивной мощности. На их долю приходится около 40% реактивной мощности, потребляемой в промышленных электрических сетях [1]. В связи с этим, изменение генерации реактивной мощности оказывает значительное влияние на работу такого типа двигателей.

При напряжении порядка 0,85% от номинального значения реактивная мощность в сети уменьшается вследствие уменьшения намагничивающей мощности асинхронных двигателей. Если происходит дальнейшее снижение напряжения, то асинхронные двигатели начинают затормаживаться, а потребление ими реактивной мощности увеличивается, что приводит к еще большему спаду напряжения на нагрузке. Процесс падения напряжения имеет лавинообразный характер, и асинхронные двигатели в этом случае останавливаются. Так, мощность асинхронного двигателя, в зависимости от его исполнения, падает на 5-20% при несимметрии напряжения, равной 5%. А несимметрия в 4% сокращает срок службы таких двигателей в 2 раза [2 – 5].

Цель и постановка задачи

При эксплуатации асинхронных машин необходимо знать о влиянии на их работу отклонений параметров напряжения сети. Целью данной статьи является рассмотрение причин возникновения биений напряжения, что позволит более подробно понять и оценить степень их влияния на асинхронные машины.

Результаты исследования и их анализ

Рассмотрим возникновение биений при отклонении напряжения.

В данной работе была использована методика наложения колебаний, описанная в [6]. Функция биения представляет собой сумму двух синусоидальных колебаний, имеющих одинаковые амплитуды и близкие, но не равные частоты и начальные фазы. Пусть напряжения сети и генерируемого напряжения представлены уравнениями:

$$U_1 = U_{1m} \sin(\omega_1 t); U_2 = U_{2m} \sin(\omega_2 t + \Delta\varphi).$$

Причем

$$\omega_1 = 2\pi f_1, \omega_2 = 2\pi f_2 = 2\pi(f_1 + \Delta f) = 2\pi f_1 + 2\pi \Delta f = \omega_1 + \Delta\omega,$$

где f_1 и f_2 – частота напряжения сети и генератора соответственно.

Если амплитудные значения напряжений сети U_{1m} и генератора U_{2m} равны, то результирующее напряжение, которое возникнет при подключении генератора к сети, имеет вид:

$$U = U_1 + U_2 = 2U_{1m} \sin\left(\omega_1 t + \frac{\Delta\omega}{2} t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right) \cos\left(\frac{\Delta\omega}{2} t + \frac{\Delta\varphi}{2}\right).$$

Данное выражение не содержит значений частоты и угла сдвига фаз напряжения генератора. Вместо них в формуле используются отклонения заданных величин от соответствующих значений напряжения сети.

Допустим, что отклонения частоты напряжения сети отсутствуют ($f = 50$ Гц), а амплитуда колебания напряжения $U_{1m} = 380$ В.

На рис. 1 – 3 представлены результаты моделирования результирующего напряжения сети при различных значениях отклонений частоты Δf и фазы $\Delta\varphi$.

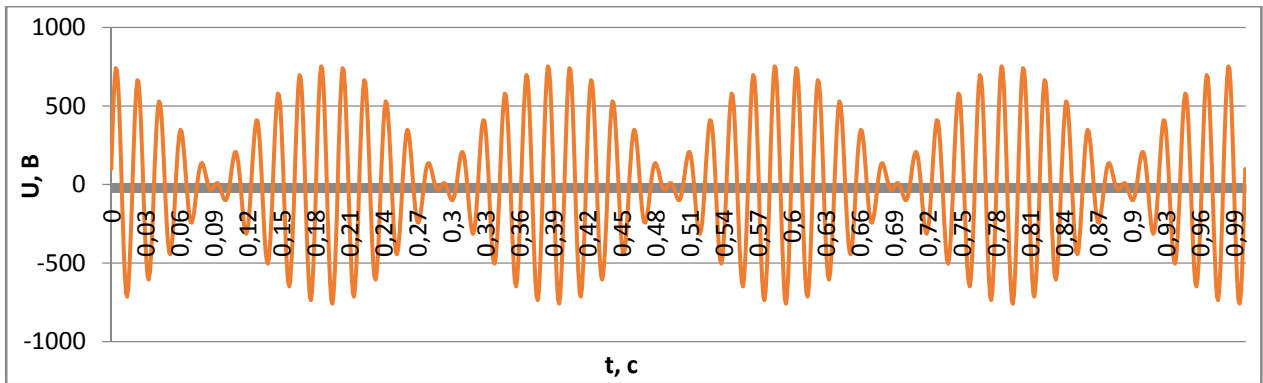


Рис. 1. Колебания напряжения при $\Delta f = 5$ Гц, $\Delta\varphi = 15^\circ$

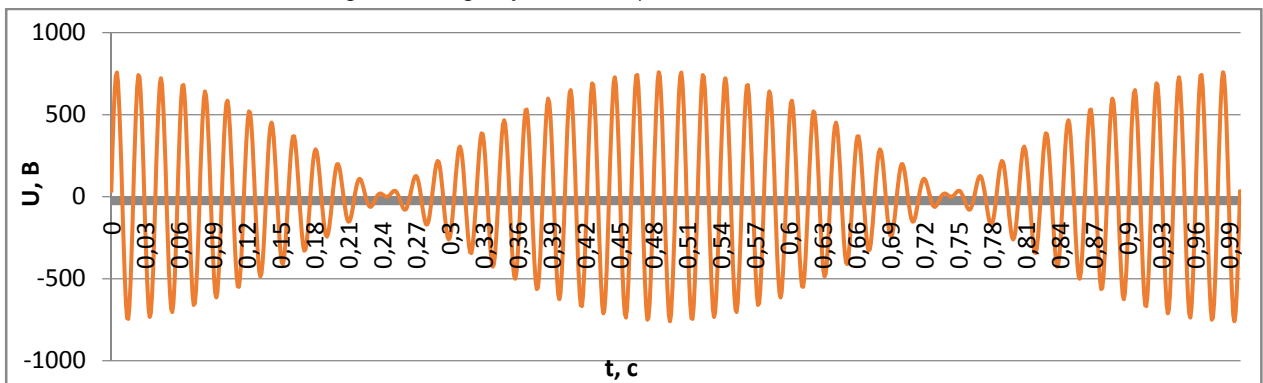


Рис.2. Колебания напряжения при $\Delta f = 2$ Гц, $\Delta\varphi = 5^\circ$

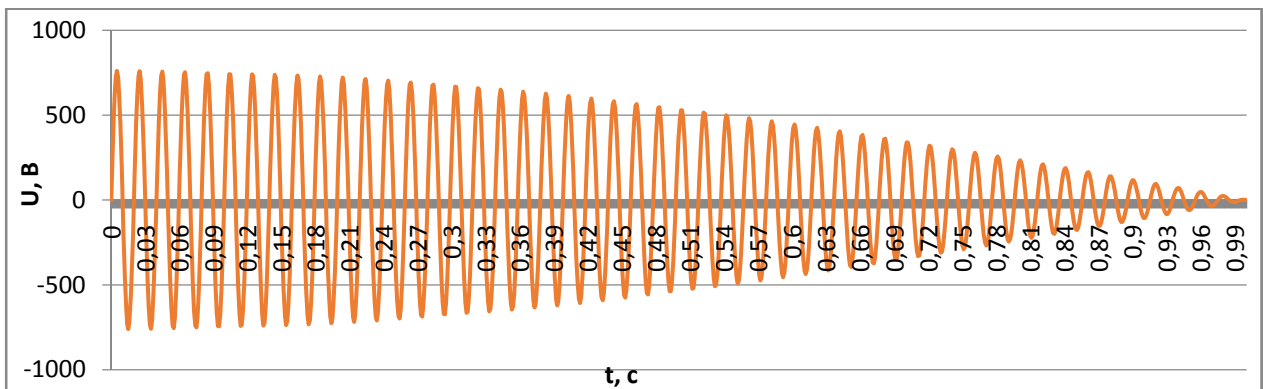


Рис.3. Колебания напряжения при $\Delta f = 0,5$ Гц, $\Delta\varphi = 0^\circ$

Из рис. 1 – 3 следует, что при $\Delta f = 5$ Гц, $\Delta\varphi = 15^\circ$ (рис. 1) наблюдаются биения в периоде $T=0,2$ с, при $\Delta f = 2$ Гц, $\Delta\varphi = 5^\circ$ (рис. 2) наблюдаются биения в периоде $T=0,5$ с, при $\Delta f = 0,5$ Гц, $\Delta\varphi = 0^\circ$ (рис. 3) наблюдаются биения в периоде $T=2$ с.

Рассмотрим влияние отклонений частоты сети на асинхронные машины.

Магнитный поток, возбуждаемый в обмотке статора асинхронного двигателя, выражается формулой [7]:

$$\Phi_1 = \frac{U_1}{4,44 f_1 w_{об} k_1},$$

где k_1 – обмоточный коэффициент (0,92÷0,98);

$w_{об}$ – количество витков одной фазы обмотки статора.

Выразив величину магнитного потока через функцию напряжения, зависящую от времени, получим:

$$\Phi_1 = \frac{U_{1m} \sin(2\pi f_1 t + \Delta\varphi)}{4,44 f_1 w_{об} k_1}.$$

Для нахождения скорости изменения магнитного потока при $U_{1m}, f_1, w_{об}, \Delta\varphi, k_1 = \text{const}$, продифференцируем данное уравнение:

$$d\Phi_1 = \frac{U_{1m}}{4,44 f_1 w_{об} k_1} \cos(2\pi f_1 t + \Delta\varphi) 2\pi f_1 dt.$$

На рис. 4 – 7 представлены несколько частных случаев влияния параметров напряжения сети на изменение магнитного потока. В расчетах приняты следующие значения переменных: $U_{1m} = 380$ В, $w_{об} = 100$ витков, $k_1 = 0,95$.

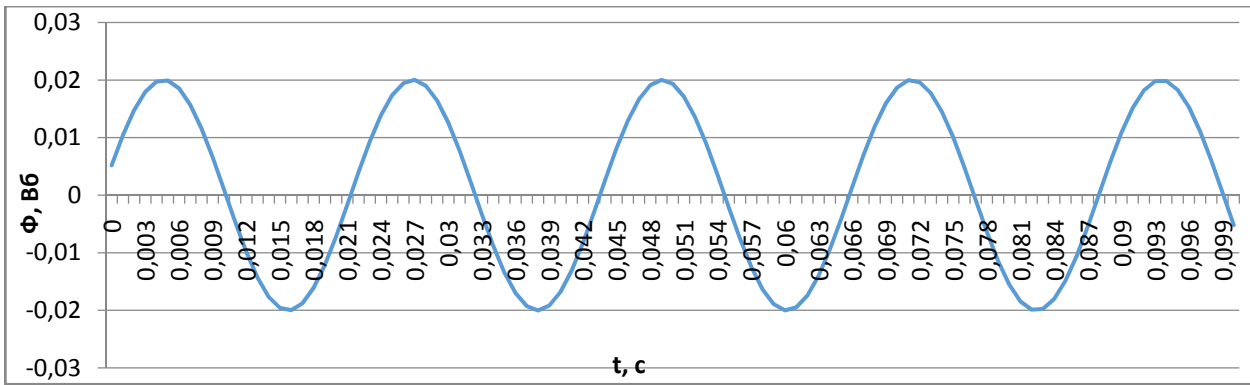


Рис.4. График зависимости магнитного потока от времени на протяжении 0,1 с при $f=45$ Гц, $\Delta\varphi=15^\circ$

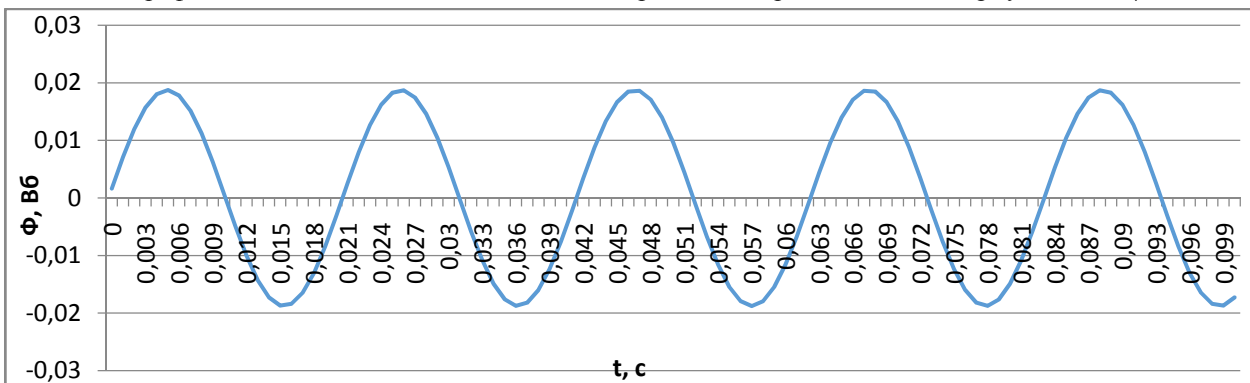


Рис.5. График зависимости магнитного потока от времени на протяжении 0,1 с при $f=48$ Гц, $\Delta\varphi=5^\circ$

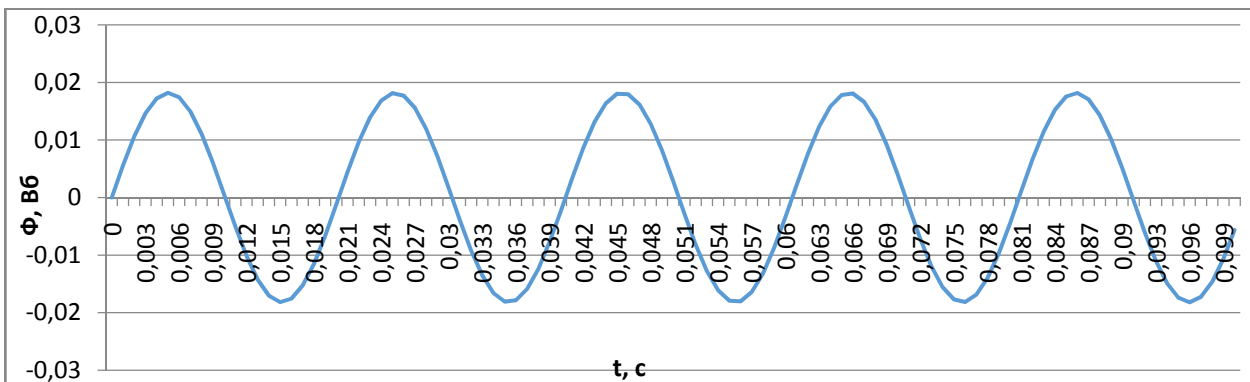


Рис.6. График зависимости магнитного потока от времени на протяжении 0,1 с при $f=49,5$ Гц, $\Delta\varphi=0^\circ$

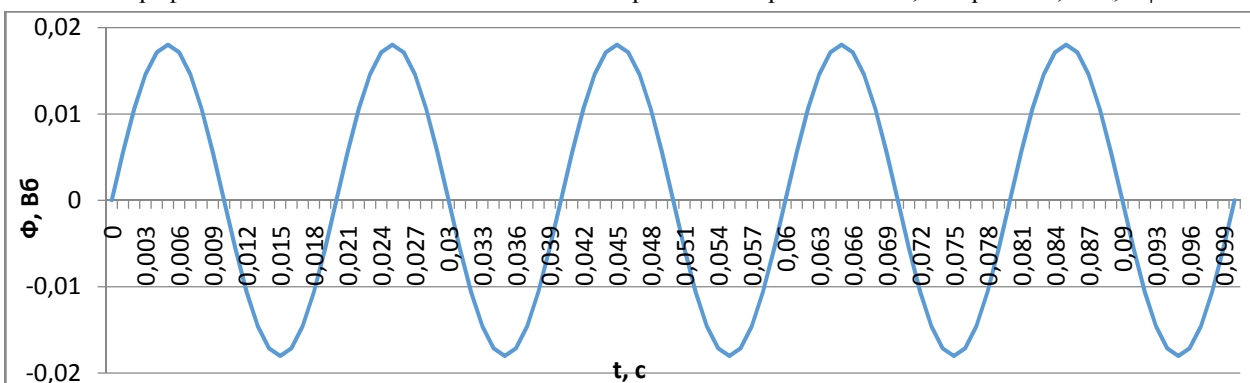


Рис.7. График зависимости магнитного потока от времени на протяжении 0,1 с при $f=50$ Гц, $\Delta\varphi=0^\circ$

Из рис. 4 – 7 видно, что при $f=45$ Гц, $\Delta\varphi=15^\circ$ амплитудное значение магнитного потока $\Phi_1 = 0,020016$ Вб, период колебаний $T = 0,022$ с; при $f=48$ Гц, $\Delta\varphi=5^\circ$ – $\Phi_1 = 0,018763$ Вб, $T = 0,020$ с; при

$f=49,5$ Гц, $\Delta\varphi=0^\circ$ – $\Phi_1 = 0,018198$ Вб, $T = 0,020$ с; при $f=50$ Гц, $\Delta\varphi=0^\circ$ – $\Phi_1 = 0,018018$ Вб, $T = 0,020$ с.

Из приведенных выше зависимостей можно сделать вывод о том, что изменение частоты сети и

начального сдвига фаз приводит не только к изменению периода колебаний магнитного потока (частоты колебаний), но и к изменению амплитудного значения магнитного потока, а, следовательно, и его действующего значения.

В то же время выражение для нахождения электромагнитного момента асинхронной машины имеет вид [4]:

$$M = C\Phi I_2 \cos \psi_2 = C \frac{U_{1m} \sin(2\pi(f_1 + \Delta f)t + \Delta\varphi)}{4,44(f_1 + \Delta f)w_{\text{об}}k_1} \times I_{1m} \sin(2\pi(f_1 + \Delta f)t) \cos \psi_2,$$

где C – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей машины;

I_2 – ток, протекающий в обмотке ротора;

ψ_2 – угол сдвига фаз между ЭДС и током ротора.

На рис. 8 – 10 показаны графики зависимости электромагнитного момента от времени при отклонении частоты и фазы сети. В расчетах приняты следующие значения переменных: $C = 1$, $\cos \psi_2 = 1$ и $I_{1m} = 30$ А.

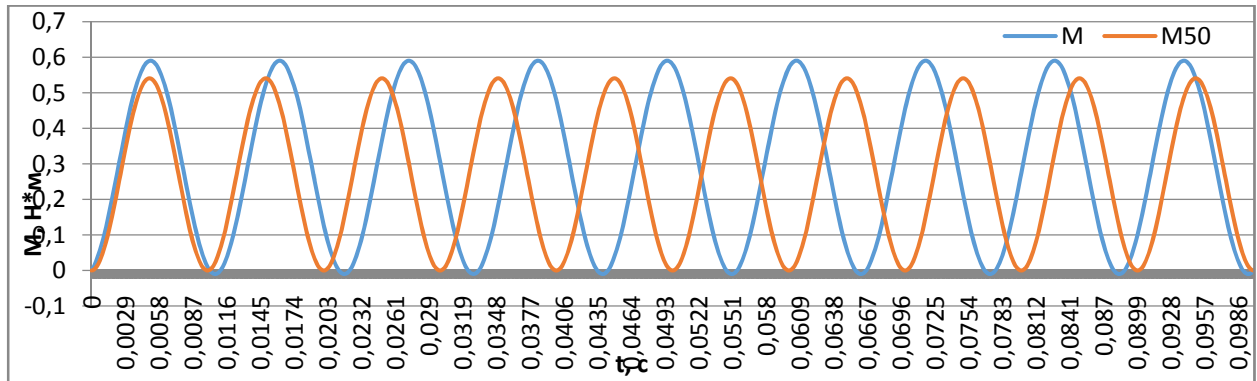


Рис. 8. Графики зависимости электромагнитного момента от времени при $\Delta f = 5$ Гц, $\Delta\varphi = 15^\circ$ (кривая M) и при $\Delta f = 0$ Гц, $\Delta\varphi = 0^\circ$ (кривая M50)

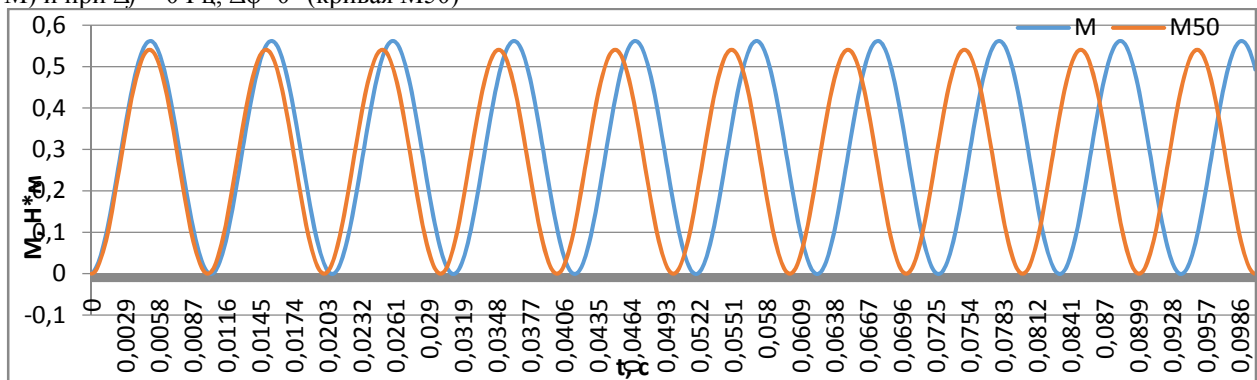


Рис. 9. Графики зависимости электромагнитного момента от времени при $\Delta f = 2$ Гц, $\Delta\varphi = 5^\circ$ (кривая M) и при $\Delta f = 0$ Гц, $\Delta\varphi = 0^\circ$ (кривая M50)

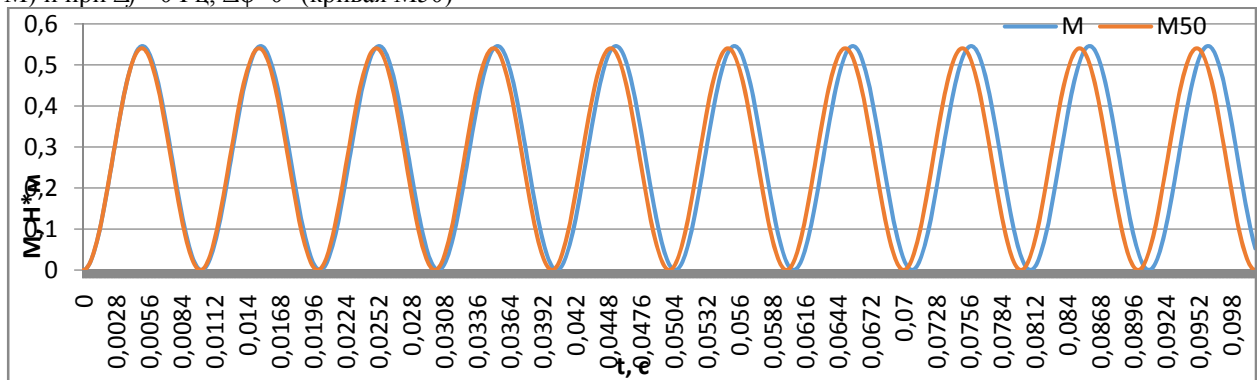


Рис. 10. Графики зависимости электромагнитного момента от времени при $\Delta f = 0,5$ Гц, $\Delta\varphi = 0^\circ$ (кривая M) и при $\Delta f = 0$ Гц, $\Delta\varphi = 0^\circ$ (кривая M50)

Из рис. 8 – 10 видно, что при $\Delta f = 5$ Гц и $\Delta\varphi = 15^\circ$ наблюдается отклонение в амплитуде колебания момента $\Delta M = 0,0498$ Нм и смещение периода колебаний на $\Delta T = 0,0006$ с (рис. 8); при Δf

$= 2$ Гц и $\Delta\varphi = 5^\circ$ – $\Delta M = 0,0214$ Нм и $\Delta T = 0,0003$ с (рис 9); при $\Delta f = 0,5$ Гц и $\Delta\varphi = 0^\circ$ – $\Delta M = 0,0053$ Нм и $\Delta T = 0,0001$ с (рис. 10).

Исходя из результатов моделирования следует вывод, что уменьшение частоты сети на 5 Гц и начального угла сдвига фаз на 15° приводят к увеличению амплитуды колебаний зависимости электромагнитного момента от времени на 9%, а периода колебаний на 6%. При уменьшении отклонения заданных величин от номинальных, уменьшаются отклонения в амплитуде и частоте колебаний электромагнитного момента.

Выводы

Рассмотрены биения результирующего напряжения, возникающие при отклонении частоты и фазы напряжения, вырабатываемого электрической машиной, от частоты и фазы напряжения сети.

Исследовано влияние отклонений частоты и фазы сети на магнитный поток и электромагнитный момент электрической машины.

Изменение частоты сети приводит к изменению действующего значения магнитного потока, что ведет к увеличению значения электромагнитного момента. Увеличение электромагнитного момента приводит к снижению перегрузочной способности асинхронного двигателя. Это объясняется тем, что критический электромагнитный момент достигается при меньшей по величине нагрузке. А при достижении критического электромагнитного момента двигатель останавливается. К тому же уменьшение частоты сети приведет и к уменьшению частоты вращения магнитного поля обмотки статора.

В конечном итоге все эти факторы повлияют на износостойкость и нагрузочную способность асинхронной машины, что приведет к скорейшему выходу из строя оборудования и нарушению производственного процесса.

Используемый в работе подход к анализу переходных процессов, возникающих в электрических машинах, позволит приблизиться к решению данной проблемы в электрических системах.

Список литературы

1. Беляевский Р. В. Анализ влияния коэффициента загрузки асинхронных двигателей на потребление реактивной мощности / Р. В. Беляевский // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 6. – С. 66 – 69.
2. Бекиров Э. А. Методы построения преобразователей энергии постоянного тока нетрадиционных источников в электрическую энергию переменного тока промышленной частоты с подключением в энергосистему / Э. А. Бекиров // Строительство и техногенная безопасность. – 2003. – Вып. 8. – С. 155 – 160.
3. Бекиров Э. А. Потоки электрической энергии в системах электроснабжения / Э. А. Бекиров // Техническая электродинамика. Тематический выпуск. Проблемы современной электротехники. – 2004. – Ч. 3. – С. 37-40.
4. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в сетях промпредприятий / И. В. Жежеленко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 311 с.
5. Дамдинсурэнгийн Г. Способы нормализации качества и снижения потерь электрической энергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ Монголии: дисс. ...канд. тех. наук: /Гантулга Дамдинсурэнгийн. – Иркутск: 2015. – 190 с.
6. Горелик Г. С. Колебания и волны / Г. С. Горелик. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. – 572 с.
7. Кацман М. М. Электрические машины / М. М. Кацман. – М.: Высшая школа, 1990. – 464 с.

Ivanov A.V., Bekirov E.A., Asanov M.M.

ANALYSIS OF NETWORK VOLTAGE PARAMETERS EFFECT ON OPERATION OF ASYNCHRONOUS MACHINES

Summary. The article discusses the effect of the voltage frequency and phase deviations on the operation parameters of asynchronous machines. In particular, the change of the magnetic flux and the electromagnetic moment in time during deviation of network voltage frequency and phase from the nominal values is studied. The parallel operation of the generator and the network during non-compliance of their voltage parameter is analyzed. Plotted the diagrams of resultant voltage dependence on the time and studied the effect of the deviation of the generator and network voltage frequency and phase on the pulses appearance.

Keywords: asynchronous machines, voltage pulses, magnetic flux, electromagnetic moment.

УДК 621.3031:628.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОЧИСТНЫХ ВОДОПОВОДНЫХ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТАНЦИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЧЕБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ «АКВАТРОНИК ФЕСТО ЦЕНТР»

Крымов Р.С., Степанцова Н.А.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им/ В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: energia-09@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оптимизации энергопотребления очистных станций, систем водоснабжения и водоотведения. Приведен сравнительный анализ, а также иллюстрированный обзор при нарушениях в системе водоснабжения, с применением учебного оборудования «Акватроник Фесто-центр».

Ключевые слова: система водоснабжения, водоотведения, генерация и потребление энергии, оборудование «АкватроникФесто центр».

В настоящее время в сфере водопроводно-канализационного хозяйства энергосбережение стало основным направлением технической политики. Это связано, во-первых, с дефицитом основных энергоресурсов, во-вторых, с возрастающей стоимостью электроэнергии, в-третьих, с глобальными экологическими проблемами, обозначившимися в последнее время.

Чтобы идентифицировать потенциалы энергосбережения, мы должны знать потребление энергии отдельных компонентов и крупных энергетических потребителей. Это - первый шаг, чтобы реализовать управление энергопотреблением, которое упрощает контроль, оценку и сокращение потребления энергии. Если мы сравним соответствующие значения со значениями энергетически оптимизированных станций, то мы

можем обнаружить, где на нашей станции энергия может быть сохранена, и оценить в какой степени.

Современный уровень развития средств управления и контроля, средств автоматического регулирования позволяет широко использовать эти технические достижения для решения задач энергосбережения.

Целью настоящей работы является нахождение путей снижения энергопотребления на водопроводно-канализационных сооружениях с помощью учебного оборудования «АкватроникФесто центр».

Учебное оборудования «Акватроник Фесто-центр» позволяет смоделировать весь процесс подачи, очистки и отведения воды для населения. Также охватывает этапы воспроизведения процесса транспортировки сточных вод совместно с дождевыми стоками на станцию очистки.



Рис.1. Лаборатория «Акватроник Фесто-центр»

Практическое обучение на реальных производственных и промышленных установках возможно лишь в редких случаях. Поэтому широко применяются модели. Модели должны быть приближены к реальному оборудованию и адаптированы к различным целевым группам.

Учебное оборудование «Акватроник Фесто-центр» незаменимо для модульного оснащения обучения и повышения квалификации в области автоматизации непрерывных процессов. Оборудование включает в себя простые подсистемы для изучения основ измерительной техники и автоматического регулирования, а также подсистемы для определённых целевых групп.

Энергоэффективность: темы будущего, актуальные уже сегодня. Поэтому в системе «Акватроник Фесто-центр» используются, например, современные компоненты для измерения производительности. За счёт этого можно наглядно

отображать энергоэффективность и демонстрировать междисциплинарные взаимосвязи.

Потребляемая электроэнергия, например, для привода насосов, электромагнитных клапанов, для системы аэрации и смешивания выводится на экран Ваттметра, который отображает текущее потребление энергии в [Вт] и показывает накопленное значение в промежуток времени в [Втч].

Также информация по энергопотреблению оборудования выводится на экран персонального компьютера. В программном обеспечении оборудования «Акватроник Фесто-центр» (FluidLab®) фактическое энергопотребление в Вт представлено в виде графика (рис.3 нижнее окно на правой стороне). Во время переключения режима работы происходит типичный пик в потреблении энергии.

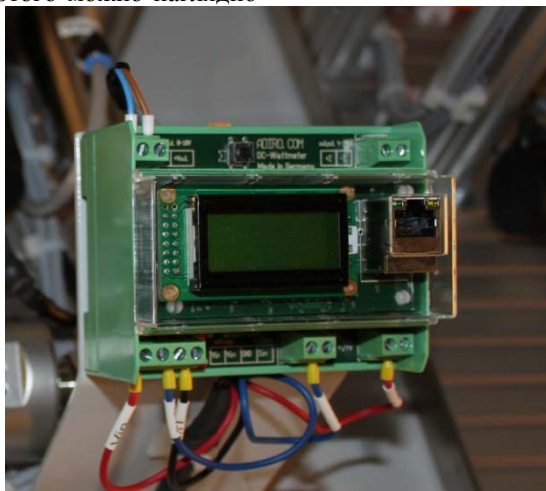


Рис. 2 Ваттметр в оборудовании «ФЕСТО»



Рис. 3 Снимок экрана FluidLab® «Акватроник Фесто-центр» с ручным управлением насоса

В примере насос был переключен вручную от 36% до 52% (шаг в зеленой строке). Графики потока и потребления энергии (Ваттметр DC) впоследствии формируют пики. Фактическое энергопотребление датчика “ваттметр” также

визуализируется как число (здесь: “15.3 ватт” в правом нижнем углу окна).

Сравнительный анализ при нарушениях в системе водоснабжения

Нарушения в системе трубопроводов приводит к расходу энергии большему, чем необходимо. Это обусловлено утечками и уменьшением живого сечения трубопровода. Этого следует избегать, т.к. система должна хорошо эксплуатироваться.

Рассматривая пример искусственного сужения сечения трубопровода, мы наблюдаем явление энергозатратной работы насоса из-за

увеличивающегося сопротивления в трубопроводе и как следствие увеличивается время работы системы, что ведет к дополнительным затратам электроэнергии.

Для проведения сравнительного анализа в учебном оборудовании «АкватроникФесто центр» используется электромагнитный клапан для моделирования сужения сечения трубопровода. В таблице 3 представлены результаты моделирования процесса.

Таблица 3

Клапаноткрытия V303 (% сужения)	Потреблениеэлектроэнергии [Вт]	Время наполнения [с]	Электроэнергия [Вт·с]
Абсолютно открытый (0%)	15.9	36	527.40
Более, чем полуоткрытый (40%)	14.7	720	10,584.00
Две трети закрыто (70%)	Нет подачи	—	—
Почти закрытый (например, 90%)			

Как видно из выше приведенной таблицы сужение живого сечения трубопровода оказывает негативное влияние на потребление энергии. Поэтому нужно обеспечивать техническое обслуживание системы через одинаковые интервалы времени, чтобы предотвратить дополнительные затраты энергии.

Вывод

Строгие и регулярные меры по обслуживанию - эффективный способ сократить потребление энергии, поскольку эти меры обеспечивают бесперебойную и безотказную работу насосов и другого оборудования. Устаревшие и плохо регулируемые системы неправильно функционируют и расходуют относительно много энергии. Когда строятся новые станции, или модернизируются существующие, большое количество энергии может быть сохранено, при реализации надлежащего проекта и выборе энергосберегающих компонентов оборудования. В повседневной эксплуатации станции существенную роль для энергосбережения играют, высококвалифицированный персонал, оптимальные параметры настройки системы и параметры управления.

Krymov R. S., Stepantsova N.A.

OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE TREATMENT OF WATER AND SEWER PLANTS ON THE EXAMPLE OF TRAINING EQUIPMENT "AKVATRONIKFESTO CENTER"

Summary. The paper deals with the optimization of energy consumption sewage treatment plants, water and wastewater systems. A comparative analysis, as well as an illustrated overview for violations in the water system, with educational equipment "AkvatronikFesto center»

Keywords. The water supply system, sewerage, energy generation and consumption equipment «AkvatronikFesto center»

Список литературы

1. Аракелов В.Е. Кремер А.И. Методические вопросы экономии энергоресурсов. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Баженов В.И., Березин С.Е., Устюжанин А.В. Обоснование строительства воздухоудвух станций на базе экономического анализа затрат жизненного цикла / Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 2. С. 46-53.
3. Смирнов д.н. Автоматическое регулирование процессов очистки природных и сточных вод. - М.: Стройиздат, 1985.
4. Юрченко В.А., Смирнов А.В., Есин М.А. Опыт повышения энергоэффективность работы очистных сооружений канализации//Коммунальное хозяйство. -2013. –С. 176-183
5. Валкина Е., Вернези С., Николенко И., Богущкий П., 2010. Использование методов водоочистки в новейших энергосберегающих технологиях// MOTROL. - № 12. С. 114-120.
6. Дидактик GmbH&Co. KGю.,2013 Дидактические материалы оборудования «ФЕСТО» -47-76

УДК 628.12; 628.14; 628.17

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Николенко И.В., Рыжаков А.Н., Умаров Р. С.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: nikoshi@mail.ru

Аннотация. Приведен анализ способов регулирования параметров силовых агрегатов насосных станций городских систем водоснабжения. Показано, что энергетическую эффективность насосных агрегатов можно повысить за счет учета реальных режимов водопотребления в водопроводной сети. Рассмотрен пример анализа эксплуатационных параметров силового агрегата насосной станции городской системы водоснабжения. Предложен ступенчатый способ регулирования параметров силового агрегата с применением частотного регулирования частоты вращения рабочего колеса. Новый способ позволяет существенно повысить энергетическую эффективность регулирования параметров силовых агрегатов, а также повысить надежность систем водоснабжения и снизить в них утечки.

Ключевые слова: водоснабжение, силовой агрегат, насосная станция, регулирование, энергетическая эффективность.

Введение

Система подачи и распределения воды является важным комплексом сооружения водоснабжения, который обеспечивает транспортировку воды на территорию снабжаемых объектов, распределение по территории и доставку к местам отбора потребителями. Силовые агрегаты насосных станций (НС), как один из основных структурных элементов, во многом задают эксплуатационные возможности и технический уровень системы водоснабжения в целом, а также существенно определяют энергетические и экономические показатели ее работы.

Системы водоснабжения и водоотведения относятся к наиболее энергоемким объектам жилищно-коммунального хозяйства, где основными потребителями электроэнергии являются насосные станции (НС). В этих системах в России на перекачку насосными агрегатами чистых и загрязненных вод ежегодно расходуется 120...130 млрд. кВт-час электроэнергии [9]. В структуре себестоимости на оказание услуг по водоснабжению и водоотведению затраты на электроэнергию могут достигать 50%, в том числе непродуктивные затраты до 20%. Важной составляющей затрат в структуре себестоимости являются потери воды при ее распределении и транспортировке потребителям, которые могут достигать не менее 30% от общих объемов. Повышенные напоры в сети создают дополнительные потери, что снижает энергетическую эффективность системы в целом [10]. Поэтому вопрос повышения энергетической эффективности насосного оборудования в системах водоснабжения и водоотведения является первоочередным [11].

Низкая энергетическая эффективность систем водоснабжения при перекачке воды

объясняется рядом причин, связанных с силовыми агрегатами насосных станций [11]:

- несоответствие характеристик применяемых насосов переменным гидравлическим условиям сетей;

- применение агрегатов с низким КПД по причине их изношенности либо изначально конструктивно или технологически несовершенных в условиях их применения;

- применение энергетически малоэффективных способов регулирования режимов работы систем насосный агрегат- сеть.

Проблемы при обеспечении требуемых технологических параметров в водопроводных сетях (ВС), стоящие перед коммунальными предприятиями Российской Федерации, как правило, однородны. Повышение этажности, подключение новых потребителей, состояние магистральных сетей привели к необходимости установки систем регулирования для обеспечения необходимых параметров на уровне районных и квартальных сетей. Подбор насосов зачастую производился с учетом перспектив развития, поэтому их параметры по производительности и напорам завышались. Распространенным стал вывод насосов на потребные характеристики дросселированием с помощью задвижек, что приводит к нерациональным потерям электроэнергии. При этом замена насосов не производится, большинство из них работает с низким КПД. Износ оборудования НС обострил необходимость их модернизации или реконструкции для повышения КПД и надежности при обеспечении требуемых режимов работы. Одним из основных направлений технологического энергосбережения в различных технических системах является применение энергетически эффективных технологий.

Актуальность вопросов, рассматриваемых в данной работе определяется возросшим значением проблем энергетической эффективности, важность которых растет в современных условиях. Насущная необходимость решения этой проблемы закреплена в законодательных актах Российской Федерации.

Анализ публикаций

Проблема повышения энергетической эффективности технологического процесса подачи необходимого количества воды под требуемым напором в соответствии с нуждами потребителей является одной из основных для систем водоснабжения и водоотведения [5 - 11]. Разработке новых конструкций и технологических процессов для повышения энергетической эффективности силовых агрегатов насосных станций систем водоснабжения в технической литературе посвящено значительное количество исследований. В работах Лезнова Б.С. [5], Николаева В.Г. [9], Хованского С.А. [11], Шмиголя В.В., Черносвитова М.Д., [6] Бойко В.С., Сотника М.И., многих зарубежных исследователей, описаны подходы к повышению энергетической эффективности насосного оборудования систем водоснабжения путем регулирования режимов работы насосных агрегатов и согласования характеристик насосов и сетей водоснабжения с учетом условий их эксплуатации.

Процесс регулирования параметров силовых агрегатов осложняется существенными различиями напорных характеристик центробежных насосов (ЦН) и ВС. Одним из современных способов регулирования параметров силовых

агрегатов является частотное регулирование, которое обеспечивает изменение частоты вращения рабочего колеса. За счет регулирования частоты вращения рабочего колеса насосного агрегата, в некоторых случаях можно значительно сократить расходы на электроэнергию. На сегодняшний день преобразователи частоты (ПЧ), которые предназначены для изменения частоты вращения рабочего колеса, в основном настроены на постоянное давление в ВС, что позволяет обеспечить необходимым напором потребителя и сократить потери воды за счет снижения избыточных напоров. Наибольшее применение получил способ регулирования с ограничением максимально допустимого напора в сети, как показано на рис. 1.а. [5]. В данном способе при поддержании постоянного максимально допустимого напора в ВС, не учитываются потери, заложенные в динамическом напоре, который изменяется в зависимости от расхода. При гидравлическом расчете водопроводной сети требуемый напор в ВС рассчитывается при максимальном водопотреблении, да еще и с перспективой последующего развития расчетной зоны обслуживания НС. При снижении подачи насосных агрегатов то вызывает превышение напоров на величину динамического напора. С учетом того, что максимальное водопотребление в системе водоснабжения может быть только незначительную часть времени, то данный способ регулирования содержит в себе значительный потенциал по повышению энергетической эффективности системы в целом

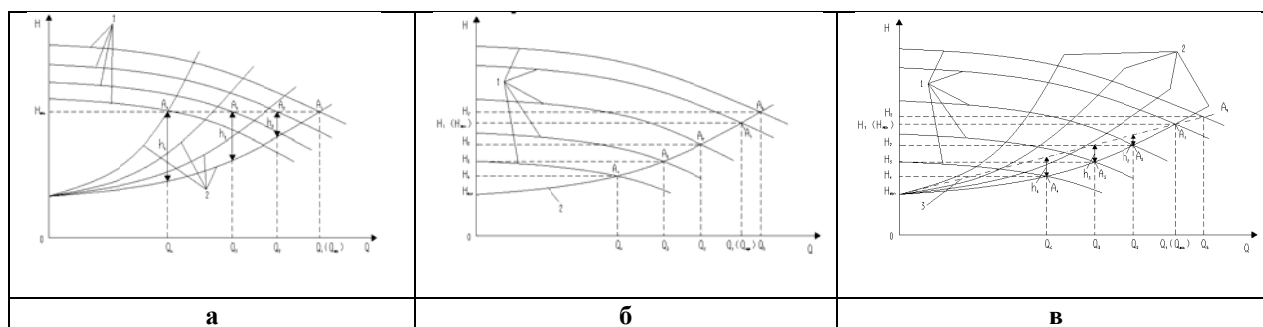


Рис. 1. Работа системы ЦН –ВС при различных способах частотного регулирования [6, 7]: а – при стабилизации давления на максимальном уровне; б - при интегральном регулировании; в - при линейно-интегральном регулировании. 1 – напорные характеристики ЦН при различных частотах; 2 – характеристики ВС.

Более энергетически эффективными способами являются регулирование подачи насосов ПЧ с интегральной либо линейно-интегральной характеристикой, которые показаны на рис. 1б и 1в [6, 7]. В основу положен алгоритм изменения подачи и напора в соответствии с некоторой расчетной характеристикой, что позволяет исключить или значительно снизить избыточные напоры в сети при уменьшении подачи. Недостатками этих способов регулирования,

является то, что за основу применяется расчетная характеристика ВС, которая может существенно отличаться от эксплуатационных параметров. В качестве примера на рис. 2 приведено сравнение расчетной характеристики напорного трубопровода с областью эксплуатационных параметров ЦН, который работает на этот трубопровод [8].

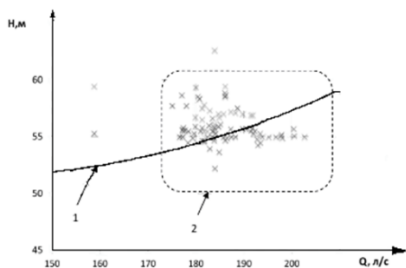


Рис. 2. Сравнение характеристики напорного трубопровода с рабочими параметрами насосного агрегата в течение 4 суток эксплуатации НС2 [11]:

- 1 – расчетная характеристика трубопровода;
- 2 – область эксплуатационных параметров насоса

Реальный процесс функционирования системы водоснабжения характеризуется изменениями параметров ее состояния во времени. Эти изменения зависят от многочисленных внутренних и внешних факторов, контроль над большинством из которых затруднителен. Множеством внешних факторов, которые влияют на параметры характеристики ВС являются конфигурация разветвленной сети системы водоснабжения, изменение водопотребления по объему и по времени в течение суток и времени года, рельеф местности, не характерные параметры сопротивления трубопроводов, неучтенные переменные потери и др. Соответственно силовые агрегаты в НС находятся в постоянно изменяющихся значениях рабочей точки системы. Все эти факторы делают расчетную напорную характеристику ВС, по которой выбираются параметры насосных агрегатов на стадии проектирования, как правило, несоответствующей оптимальным параметрам насосных агрегатов.

Временные изменения параметров функционирования системы водоснабжения можно интерпретировать как случайный процесс. Для построения математической модели случайного процесса, предполагается реализация следующих этапов:

- сбор и регистрация экспериментальных данных;
- предварительный анализ свойств случайного процесса и выбор типа модели;
- анализ случайного процесса и построение математической модели.

Таким образом, действительная характеристика ВС может быть получена в результате экспериментальных исследований этой сети. Под экспериментом понимается совокупность операций, совершаемых над объектом исследования с целью получения информации о его свойствах. Основными параметрами функционирования систем водоснабжения являются подача и напор в ВС на выходе с НС. Поэтому для реализации условий, предложенных в вышеприведенных способах регулирования необходимо предварительное

определение параметров работы насосов на действующей НС в условиях эксплуатации.

Цель и постановка задачи исследований

Целью настоящей работы является обоснование параметров и режимов энергосбережения системы водоснабжения при работе насосных агрегатов НС второго подъема, на базе ее математического моделирования с использованием современных информационных технологий, методов статистического анализа и математического моделирования.

При выполнении работы были поставлены следующие задачи:

1. Выполнить анализ фактических режимов работы НС подкачки жилого массива и обобщить имеющуюся информацию об эффективности ее работы.

2. Обосновать выбор объективного критерия для оценки энергетической эффективности работы НС подкачки жилого массива с разработкой рекомендаций, для определения потенциала энергосбережения.

3. Разработать математическую модель функционирования комбинированного насосного агрегата при оснащении их регулируемым приводом.

4. Разработать энергетически эффективный способ управления насосным агрегатом для обеспечения оптимальных параметров с учетом характера распределения водопотребления жилого массива во времени.

Результаты работы

В качестве примера рассматривается НС подкачки, одного из районов г. Симферополя со среднесуточной подачей $2500 \text{ м}^3/\text{сут}$, и постоянно поддерживаемым напором 60 м за счет установки ПЧ в приводе насосного агрегата. В качестве исходных были рассмотрены 9504 значений часовых расходов на данной НС подкачки жилого массива. То есть были рассмотрены параметры за время работы 9504 часа, что соответствовало 396 дням работы в течение 2015-го года и января 2016-го года. Параметры, которые определялись экспериментально, соответствуют параметрам рабочих точек, которые определялись пересечением напорных характеристик силового агрегата НС с характеристикой ВС. Эти рабочие точки соответствуют обеспечению спроса потребителей подачи, при определенном напоре, который находится из гидравлической характеристики ВС.

При статистической обработке полученного массива данных определялись максимальные, минимальные и средние значения, а также оценивалась дисперсия по выборке. Для оценки влияния на подачу НС подкачки сезонности анализировались эксплуатационные параметры отдельно для зимы, весны, лета и осени. Для оценки влияния недельной неравномерности отдельно рассматривались подачи НС в рабочие и выходные дни. В данной работе после получения

заданного объема данных было необходимо также выявить неравномерность водопотребления обслуживаемой зоны НС второго подъема.

Для наглядного представления числовой информации и анализа полученных результатов статистического анализа данных по эксплуатации насосных агрегатов применим компьютерную визуализацию. Так как при анализе данных, в численных значениях тяжело разглядеть какую-либо закономерность, особенно если объем данных значительный. Диаграмма часовой подачи, которая получена при обработке всего объема данных, отображена на рис. 3. В приведенной диаграмме по оси X указывается дата, по оси Y часовые расходы, по оси Z время в часах. При большом формате анализировать можно данные полученные в

результате измерений в течение нескольких лет. Из анализа приведенной диаграммы хорошо заметна сезонная неравномерность. Области, в которых замечены выделяющиеся пики часового водопотребления, могут быть уже проанализированы по выбранной дате, месяца или времени года. То есть диаграммы будут значительно отличаться, при их построении в зависимости от сезонности подачи. Представленные результаты экспериментальных наблюдений за работой силовых агрегатов НС показывают сложность выбора параметра для разработки алгоритма интегрального или линейно-интегрального регулирования с применением ПЧ.

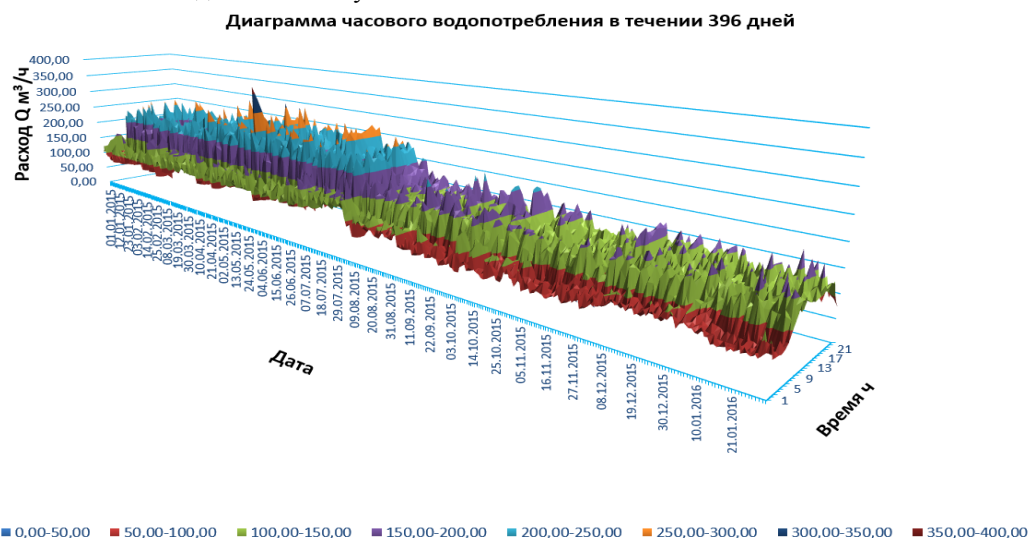


Рис. 3 Диаграммы годовой подачи НС подкачки

Статистический анализ показал, что в течение рассмотренного расчетного периода (13 месяцев) насос Д320-70б работал вне своего рабочего поля и при относительно низких КПД. В основном это связано с сокращением расходов на производственные нужды промышленных предприятий, привязанных к данной НС. Из анализа диаграмм, приведенных на рис. 3 следует, что даже при максимальном водопотреблении, подача насоса не достигает до $200 \text{ м}^3/\text{ч}$, тогда как рабочее поле данного насоса находится в диапазоне $200 \dots 320 \text{ м}^3/\text{ч}$. Преобразователь частоты позволяет работать насосному агрегату в условиях такого широкого диапазона подач, но КПД при этом становится еще ниже, а при малых подачах в ВС действуют избыточные напоры.

Для систематизации полученных данных по параметрам эксплуатации, были рассчитаны дифференциальная и интегральная характеристики распределения подач силовых агрегатов НС, которые представлены на рис. 4 и рис. 5. Представленные результаты статистической

обработки годовых эксплуатационных параметров силового агрегата НС показывают, что в диапазоне подач $Q \geq 200 \text{ м}^3/\text{час}$ он работает 13.67% от суммарного времени эксплуатации, в диапазоне подач $90 \leq Q \leq 200 \text{ м}^3/\text{час}$ - 75.64%, а в диапазоне - $Q \leq 90 \text{ м}^3/\text{час}$ - 10.39%.

В данной работе предлагается ступенчатый способ регулирования параметров системы силовой агрегат - ВС, на основе изменения частоты вращения рабочего колеса с различными диапазонами поддержания напоров. Эти диапазоны по напору определяются по напорной характеристике силового агрегата с учетом эксплуатационных параметров ВС в различные моменты водопотребления. Для рассмотренной НС предложен вариант регулирования силовых агрегатов при помощи ПЧ на трех уровнях стабилизации напора: максимальном - 60 м; среднем - 55 м и минимальном - 50 м.

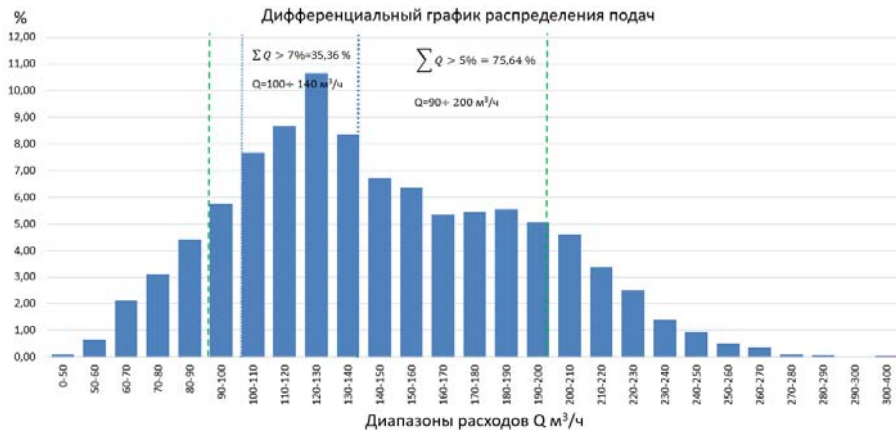


Рис. 4 Дифференциальный график распределения подач

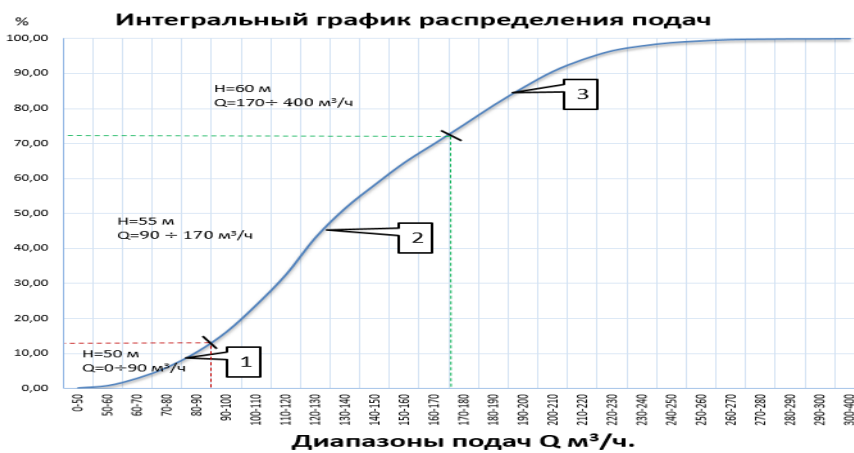


Рис. 5. Интегральный график распределения подач

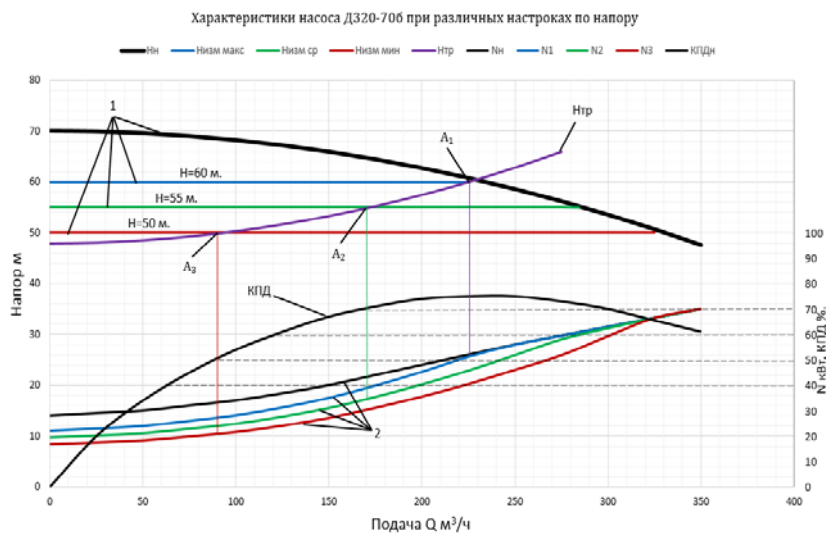


Рис. 6. Характеристики насоса Д320-70б:

- 1 - напорные характеристики насоса, при разных частотах вращения рабочего колеса;
- 2 - мощностные характеристики насоса, при разных частотах вращения;
- A₁, A₂, A₃ – рабочие точки насоса и трубопровода, при H=60 м, H=55 м, H=50 м.

Напорные и энергетические характеристики установленного насоса приведены на рис. 6. Также

на характеристиках показаны уровни стабилизации давления в ВС и соответствующие энергетические

характеристики. Предлагаемый способ ступенчатого регулирования позволяет повысить энергетическую эффективность системы водоснабжения, за счет снижения напоров в режимах среднего и минимального водоразбора.

На представленных характеристиках насоса Д320-706 показано как будут изменяться напорные и мощностные характеристики с изменением частоты вращения рабочего колеса, при поддержании ПЧ заданного напора. Анализ параметров показал, что КПД насоса при этом остается практически не изменным. Построение характеристик были выполнены по известным методам, представленным в [3, 5]. При этом снижение напора предусматривается в зависимости от подачи насоса в требуемый момент времени, т.е. при снижении подачи появляется возможность снизить и напор, так как при снижении подачи сопротивление ВС уменьшается, в связи с этим

снижается и динамический напор. Регулирование таким способом возможно, как при ступенчатом ручном режиме, так и в автоматическом режиме, который предусматривает изменение параметров системы насос – ВС в заданных диапазонах по времени или в зависимости от напора в сети.

В представленном примере предлагаемый способ регулирования позволяет повысить энергетическую эффективность на 9,7% по отношению к регулированию на постоянном уровне по давлению; и на 20,8% по отношению к нерегулируемому насосному агрегату, и при этом снизить действующие напоры в сети, чем обеспечить повышение надежности системы водоснабжения и снижения потерь по воде за счет ее утечек. На рис. 7 представлен сравнительный график потребляемой мощности насосным агрегатом в течение суток при различных способах регулирования.

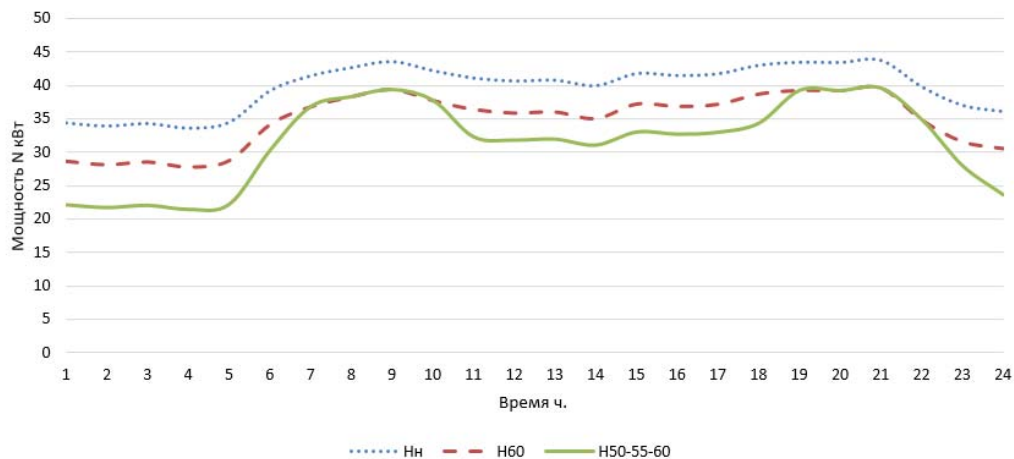


Рис. 7. Суточные графики мощности силового агрегата при различных способах регулирования

На этих графиках показаны часовые значения потребляемой мощности насосным агрегатом в течении суток при различных вариантах настройки ПЧ. Верхняя точечная кривая показывает часовые потребления мощности насосным агрегатом, при номинальной частоте вращения рабочего колеса, то есть без установки ПЧ. Средняя пунктирная кривая показывает потребления, при постоянно поддерживаемом давлении (60 м.). Нижняя кривая показывает почасовые уровни потребления мощности силовых агрегатов НС, при трехступенчатом регулировании по напору, при выбранных значениях по напору: 50-55-60 м. На графике видно, что в пиковые часы водопотребления, нижняя и средняя кривая приравниваются.

Таким образом, при трехступенчатом регулировании параметров силового агрегата НС по напору можно дополнительно экономить до 30 тысяч кВт-час в год, по сравнению с регулированием ПЧ при постоянно поддерживаемом напоре. Среднесуточное удельное

потребление электроэнергии, при постоянно поддерживаемом давлении составляет 0,24 кВт*ч/м³; при трехступенчатом регулировании - 0,217 кВт*ч/м³. Анализ сезонных графиков параметров позволяет также выделить и реализовать потенциал энергосбережения в данной системе.

Выводы

Системы водоснабжения и водоотведения относятся к наиболее энергоемким объектам жилищно-коммунального хозяйства, где основными потребителями электроэнергии являются силовые агрегаты НС. Поэтому важным направлением повышения энергетической эффективности систем водоснабжения является совершенствование систем регулирования параметров силовых агрегатов.

Выполнен анализ наиболее применяемых современных способов регулирования параметров силовых агрегатов с применением ПЧ, показаны их преимущества и недостатки. Обосновано, что дальнейшее совершенствование этих способов регулирования должно быть основано на

исследовании эксплуатационных параметров силовых агрегатов, с целью выявления законов распределения этих параметров по времени.

Предложен ступенчатый способ регулирования параметров силового агрегата НС с применением ПЧ, что позволяет существенно снизить напоры в ВС при режимах работы, которые отличаются от режима максимального водопотребления. Полученные результаты показали энергетическую эффективность предлагаемого ступенчатого способа регулирования. Для рассмотренной в статье НС энергетическую эффективность силового агрегата можно повысить на 9,7%, в результате экономия электроэнергии может составить до 30 тысяч кВт-час в год.

Отличительной чертой данного способа регулирования, является то, что он не требует существенных дополнительных затрат, при уже установленном в системе ПЧ для регулирования постоянного давления. Для изменения режимов регулирования достаточно установки контролеров с дополнительными настройками ПЧ давления в ВС по времени, в зависимости от водопотребления.

Список литературы

1. Абрамов Н. Н. Расчет водопроводных сетей / Н. Н. Абрамов, М. М. Поспелова, М. А. Сомов, В. Н. Варапаев и др. — М. : Стройиздат, 1983. — 278 с.
2. Абрамов Н. Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды / Н. Н. Абрамов. — М. : Стройиздат, 1972. — 288 с.
3. Карелин В. Я. Насосы и насосные станции / В. Я. Карелин, А. В. Минаев. — М. : Стройиздат, 1986. — 320 с.
4. Айвазян С. А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка

данных / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. — М. : Финансы и статистика, 1983. — 471 с.

5. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. — М.: Энергоатомиздат, 2006, — 359 с.

6. Шмиголь В.В., Черносвитов М.Д., Атанов Н.А. Интегральное регулирование работы повысительных насосов // Водоснабжение и санитарная техника. — 2013. — № 8. — С. 23 – 27.

7. Черносвитов М.Д. Энергетическая эффективность интегрального регулирования работы повысительных насосов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. — 2013, № 4. — С. 96 – 99.

8. Николенко И., Пастушенко А., Котовская Е. Анализ влияния условий эксплуатации насосной станции на параметры насосных агрегатов// MOTROL: Polish Academy of sciences. — Lublin, 2010. — Vol. 12D, P. 33 - 44 .

9. Николаев В.Г. Энергосберегающие способы выбора параметров и оптимизации управления группой лопастных нагнетателей в нестационарных технологических процессах. : дис. ... докт. техн. наук. —Щелково, 2008. - 372 с.

10. Хроменков С.В. Задачи развития водной отрасли для обеспечения населения России чистой водой// Водоснабжение и санитарная техника. — 2011. — № 5. — С. 15 – 22.

11. Хованський С.О. Підвищення ефективності експлуатації відцентрових насосів у системі водопостачання житлово-комунального господарства: дис. ... канд. техн. наук. Сумы. 2010, 162 с.

Nikolenko I. V., Ryzhakov A. N., Umarov R. S.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF REGULATING POWER UNITS PUMPING STATIONS OF WATER SUPPLY SYSTEMS

Abstract. In article the analysis of methods of control of parameters of power units of the pumping stations and urban water systems. It is shown that the energy efficiency of pumping units can improve by taking into account the real modes of water consumption in the water supply. An example of the analysis of operational parameters of the power unit of the pumping station of the city water supply system. Proposed speed control method options the power unit with frequency regulation of frequency of rotation of the impeller. The new method can significantly increase the energy efficiency of regulation of parameters of power units, as well as to improve the reliability of water supply systems and reduce leakage.

Key words: water supply, power unit, pump station, regulation, and energy efficiency.

УДК 621.548.4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Оганесян Э.В., Бекиров Э.А. *, Асанов М.М. **

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Физико-технический институт (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: bekirov.e.a@cfuv.ru *, asanov.m.m@cfuv.ru **

Аннотация. В статье разработана математическая модель, описывающая работу ВЭУ USW56-100 со штатной лопастью 4-120632-01. Результатами моделирования являются левая и правая ветви зависимости коэффициента использования энергии ветра C_p от быстроходности Z , рекомендуемые геометрические параметры ВЭУ, график зависимости мощности от скорости ветра $P_{ВЭУ}(V_i)$. Полученные данные близки к паспортным. При изменении входных параметров математическая модель позволяет рассчитывать работу любой ВЭУ. Результаты моделирования могут быть представлены в графическом виде и в виде массива данных.

Ключевые слова: математическая модель, ветроэнергетическая установка, преобразование данных.

Введение

Потенциал применения возобновляемых источников электрической энергии на территории Республики Крым очень высок. Так как во многих регионах добыча природных ресурсов и последующее использование их для преобразования в электрическую энергию не всегда является возможным, не говоря уже о вреде, наносимом окружающей среде, использование альтернативных источников электрической энергии является крайне актуальной темой для Крыма, который является экологически чистым регионом с большим количеством природных заповедников и прекрасной экосистемой [1].

Одним из самых распространенных способов получения электрической энергии является использование ветроэнергетических установок (ВЭУ). Целесообразна установка таких устройств в прибрежной зоне, так как в данном районе движение воздушных масс происходит круглогодично из-за неравномерного нагревания солнцем суши и моря. В свою очередь, полуостров Крым со всех сторон омывается морями, что делает использование ВЭУ в этом регионе потенциально очень эффективным.

Анализ публикаций

Проблемам разработки математической модели ВЭУ посвящено большое количество работ [2 – 5]. В [2] детально рассмотрены различные модели механической и электрической части ВЭУ. В [3] описана математическая модель, позволяющая анализировать переходные режимы, возникающие при изменениях скорости ветра и нагрузки на главном валу. В [4] с помощью математического моделирования исследован алгоритм управления мощностью ВЭУ. В [5] построены математическая и электронная модели динамики ВЭУ, позволяющие определить изменение скорости вращения ротора

под влиянием изменения температуры и давления воздуха, скорости ветра, а также изменения электрической нагрузки генератора и угла наклона гондолы.

Цель и постановка задачи

Целью работы является разработка математической модели ВЭУ, дающей возможность получения информации в удобном для обработки формате об изменении параметров работы энергоустановки при варьировании некоторых исходных данных.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При создании математической модели для определения выходных параметров ветроустановки USW 56-100 использовалась теория реального ветряка проф. Г. Х. Сабинаина [6].

Расчет по заданным значениям скоростей ветра $V_{НАЧ}$ и $V_{НОМ}$ и мощности $P_{ВЭУНОМ}$ состоит в определении характеристик ветроустановки на участке значений скоростей:

$$P_{ВЭУj} = P_j(V_{hi}),$$

где V_{hi} – скорость ветра на высоте башни h_i данной ВЭУ.

Эффективная выходная удельная мощность ΔP на 1 м^2 ометаемой поверхности ветротурбины (ВТ) вычисляется по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_{ВТ} C_p \eta,$$

где $\Delta P_{ВТ} = \rho 10^{-3} \frac{V_{НОМ}^3}{2}$ – удельная мощность ветрового потока при скорости ветра $V_{НОМ}$;

ρ – плотность воздуха (принята равной $1,226 \text{ кг/м}^3$);

C_p – средний коэффициент использования энергии ветра (принят равным 0,31);

$\eta = \eta_A \eta_{РЕД} \eta_{ЭГ}$ – суммарный КПД ВЭУ;

η_A – аэродинамический КПД ВТ (принят в пределах 0,91 ... 0,916);

$\eta_{\text{ред}}$ – КПД редуктора (принят в пределах 0,95...0,97);

$\eta_{\text{ЭГ}}$ – КПД электрогенератора, зависящий от его мощности.

При расчете величины ΔP на 1 м² ометаемой поверхности ВТ суммарный КПД ВЭУ принят равным 0,8.

После расчета величины ΔP определяется площадь ометаемой поверхности ВТ S_0 , диаметр ротора D и длина лопасти ВТ L :

$$S_0 = \frac{P_{\text{ВЭУном}}}{\Delta P}; D = \sqrt{\frac{4S_0}{\pi}}; L = \frac{D}{2}.$$

При расчете числа оборотов ротора ВТ в минуту n расчетный коэффициент быстроходности ротора ВТ Z принят равным 4,45:

$$n = \frac{60ZV_{\text{НОМ}}}{\pi D}.$$

Значение n используется для выбора передаточного отношения редуктора i в зависимости от числа оборотов n_0 вала ЭГ:

$$i = \frac{n_0}{n}.$$

При расчете ВЭУ необходимо определить высоту башни h_j , которая зависит от длины L лопасти ВТ и мощности $P_{\text{ВЭУном}}$.

Далее необходимо построить характеристику коэффициента использования энергии ветра C_p от быстроходности Z .

Правая ветвь характеристики $C_p(Z)$ в пределах значений быстроходности $Z_{\text{опт}} < Z < Z_{\text{max}}$ аппроксимируется квадратичной параболой:

$$C_p = C_{p\text{max}} - \frac{C_{p\text{max}}}{(Z_{\text{max}} - Z_{\text{опт}})^2} (Z - Z_{\text{опт}})^2,$$

где $C_{p\text{max}}$ – максимальный коэффициент использования энергии ветра, выбирается исходя из паспортных данных лопасти;

Z_{max} – максимальная быстроходность, выбирается исходя из паспортных данных лопасти;

$Z_{\text{опт}}$ – оптимальная быстроходность, выбирается исходя из паспортных данных лопасти.

Левая ветвь характеристики $C_p(Z)$ (при $Z \leq Z_{\text{опт}}$) может быть аппроксимирована кубической параболой:

$$C_p = C_{p\text{max}} \left(\frac{Z}{Z_{\text{опт}}} \right)^2 \left(3 - 2 \frac{Z}{Z_{\text{опт}}} \right).$$

Для нахождения быстроходности используется следующее выражение:

$$Z = \frac{\omega R}{V_0},$$

где ω – угловая скорость;

R – радиус ветроколеса;

V_0 – скорость набегающего потока воздуха.

Для каждой скорости ветра в рабочем диапазоне определяется коэффициент быстроходности и находится зависимость коэффициента C_p от скорости ветра.

Расчет мощностной характеристики ВЭУ на первом участке характеристики в зависимости от скорости ветра производится по формуле:

$$P_{\text{ВЭУ}}(V_i) = \rho C_p S_0 \eta \frac{V_i^3}{2} 10^{-3}.$$

Математическая модель, разработанная в программе Matlab Simulink, изображена на рис. 1.

Математическая модель состоит из следующих блоков (рис. 2):

Блок ввода исходных данных.

К исходным данным относятся: номинальная мощность ВЭУ, плотность воздуха, номинальная скорость ветра, средний коэффициент использования энергии ветра (принимается равным 0,31), число оборотов вала ЭГ (выбирается исходя из паспортных данных).

Блок расчета геометрических характеристик ветроэлектрической установки.

Расчет происходит в блоке операций Subsystem 1 (рис. 1), где рассчитываются площадь ветроколеса, длина лопасти, число оборотов ротора, передаточное число редуктора, диаметр ветроколеса, высота башни. Полученные результаты используются для вычисления энергетических характеристик ВЭУ.

Блок вывода на экран полученных в пункте 2 результатов.

Блок ввода дополнительных переменных.

В этом блоке добавляются следующие переменные: $C_{p\text{max}}$, Z_{max} , $Z_{\text{опт}}$, а так же задается функция изменения скорости ветра с помощью Signal builder [7], что позволит ввести любую величину скорости ветра на любом отрезке времени.

Блок определения выходных мощностных и аэродинамических характеристик ветроустановки.

В вычислительном блоке Subsystem 2 (рис. 1) производится расчет левой и правой ветви характеристики $C_p(Z)$.

Блок вывода полученных результатов в виде графиков.

Блок создания массива данных для дальнейшего их вывода и возможности редактирования в Microsoft Excel.

Для получения рассчитанных моделью значений необходимо обратиться к оператору Simout to workspace или To file.

В обоих случаях, будут созданы n массивов, только в первом случае массив будет автоматически включен в рабочее пространство Matlab, а во втором – будет создан файл с расширением .mat, к которому можно будет обратиться из рабочей области Matlab.

Для переноса полученных данных в Microsoft Excel используется следующая команда:

```
filename = 'testdata.xlsx';
Data = ans.Data;
Time = ans.Time;
sheet = 2;
xlswrite(filename, Time, sheet, 'A1')
xlswrite(filename, Data, sheet, 'B1')
```

где filename = 'testdata.xlsx' – название файла, в который сохранится массив;
 sheet = 2 – порядковый номер страницы Microsoft Excel, в которой будут отображаться данные;

A1 и B1 – ячейки, в которые сохранятся данные формата Time и Data соответственно.

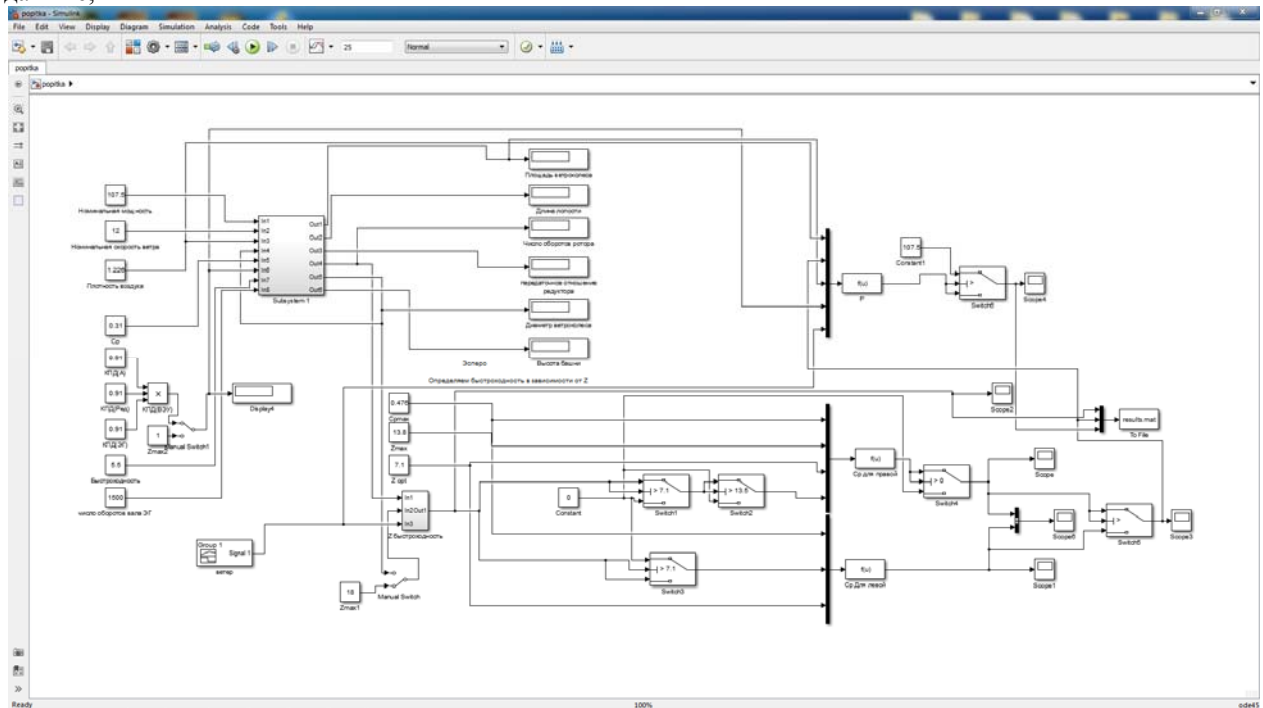


Рис. 1. Математическая модель для определения выходных параметров ВЭУ

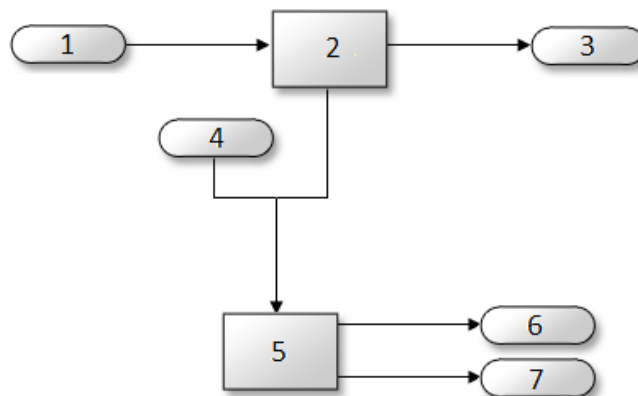


Рис. 2.Блок-схема математической модели

Результаты и их анализ

В результате получены выходные характеристики ВЭУ USW56-100 со штатной лопастью 4-120632-01, а именно, левая и правая ветви характеристики $C_p(Z)$ (рис. 3), рекомендуемые геометрические параметры ВЭУ (рис. 4), график зависимости мощности от скорости ветра $P_{ВЭУ}(V)$ (рис. 5).

Полученные результаты соответствуют паспортным данным для USW56-100 с лопастью 4-120632-01 [8], что говорит о точности и адекватности разработанной математической модели.

Выводы

В результате моделирования работы ВЭУ USW56-100 со штатной лопастью 4-120632-01 получены результаты, близкие к паспортным данным для данной ВЭУ.

Разработанная и реализованная математическая модель позволяет произвести расчет параметров любой ВЭУ, задавшись определенными исходными данными. При этом результаты моделирования могут быть представлены как в виде графиков, так и в виде массива данных. О гибкости и наглядности математической модели свидетельствует то, что исходные данные могут

быть изменены либо подкорректированы на любом этапе моделирования, а результаты выгружены в документ формата Microsoft Excel.

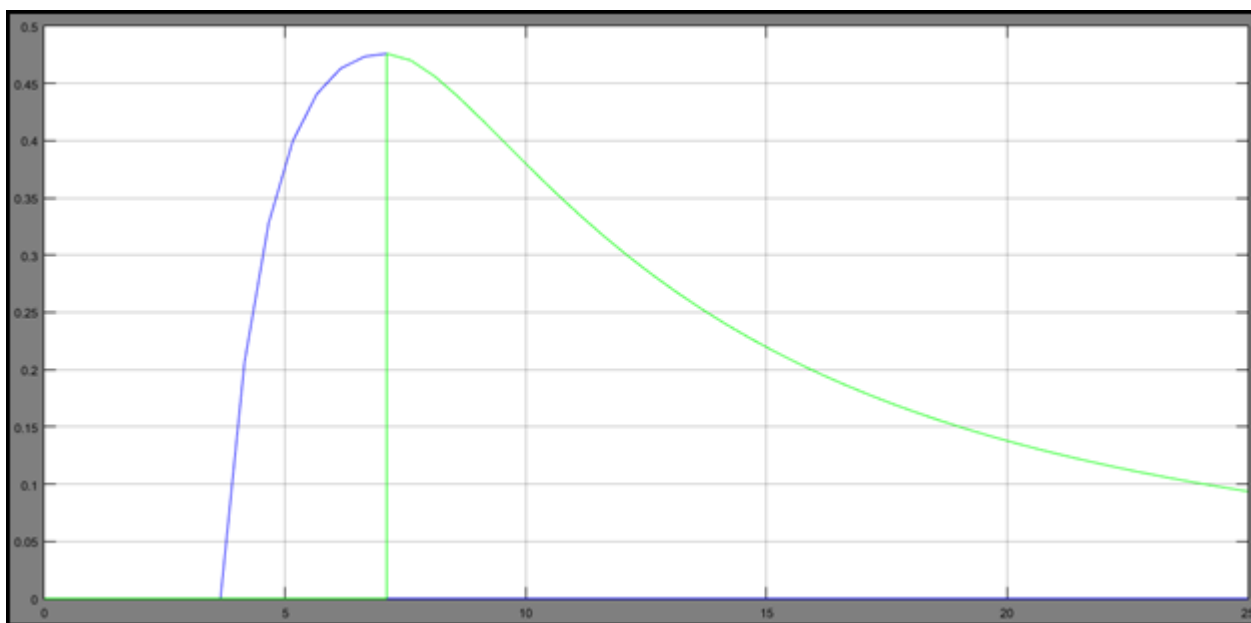


Рис. 3. График зависимости $C_p(Z)$



Рис. 4. Рекомендуемые геометрические параметры ВЭУ

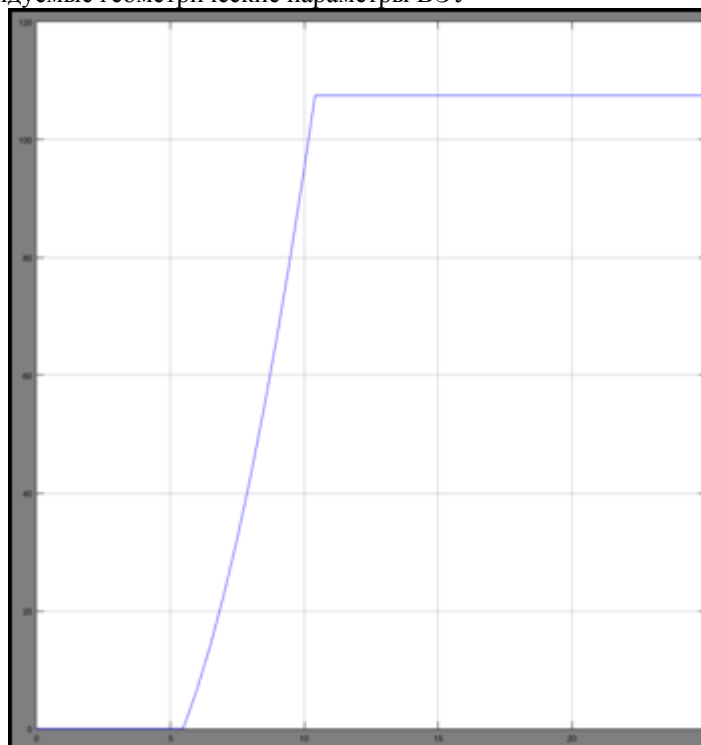


Рис. 5. График зависимости мощности ВЭУ от скорости ветра $P_{ВЭУ}(V_i)$

Список литературы

1. Бекиров Э. А. Возобновляемая энергетика / Э. А. Бекиров. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2016. – 384 с.
2. Wind Turbine Blockset in Matlab/Simulink / F. Iov, A. D. Hansen, P. Sorensen, F. Blaabjerg. – Aalborg: Aalborg University, 2004. – 108 p.
3. Беляков П. Ю. Математическая модель для исследования характеристик и режимов работы ветроэнергетической установки с крыльчатым ветроприемником / П. Ю. Беляков, Д. Ю. Рябов // Альтернативная энергетика. – 2007. – № 1. – С. 55 – 58.
4. Мартянов, А. С. Управление мощностью ветроэнергетической установки / А. С. Мартянов // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 63-й научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – Т. 2. – С. 207 – 211.
5. Оборский Г. А. Построение математической модели ветроэлектрической установки как объекта управления оборотами ротора / Г. А. Оборский, Б. А. Моргун, А. Н. Бундюк // Труды Одесского политехнического института. – 2013. – Вып. 2 (41). – С. 142 – 147.
6. Дьяконов В. П. MATLAB 6: учебный курс / В. П. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.
7. Фатеев Е. М. Ветро двигатели и ветроустановки / Е. М. Фатеев. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1948. – 546 с.
8. Неисчерпаемая энергия. Ветроэлектрогенераторы Книга 1. / В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев. – Харьков: ХАИ, 2003. – 400 с.

Oganesyan E. V., Bekirov E. A., Asanov M. M.

MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINATION OF WIND TURBINE OPERATION PARAMETERS

Summary. In the article, the mathematical model describing the operation of USW56-100 wind turbine with a 4-120632-01 blade is developed. The results of the simulation are the left and right branches of the wind turbine power coefficient C_p dependence on tip speed ratio Z , recommended geometrical parameters of the wind turbine, a graph of power dependence on the wind speed $P(V_i)$. The received results are similar to the passport ones. Changing the input parameters of the mathematical model allows to calculate any wind turbine operation. The simulation results can be presented in the form of graphs and in the form of a data array.

Keywords: mathematical model, wind turbine, data conversion.

УДК 697.11

ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ ИНЕРЦИОННОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Поднебесный С.В., Богатикова Н.П., Зайцев О.Н.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

Аннотация. В выполненном исследовании доказано что наиболее эффективными приборами в системе отопления будут те, которые имеют наименьшую инерционность. Это позволяет максимально быстро менять температурный режим отопительного прибора при погодозависимой регулировке параметров теплоносителя. Также показано, что инерционность отопительных приборов также не является основополагающим фактором. Вид отопительных приборов обычно определяется исходя из экономических и дизайнерских соображений.

Ключевые слова: инерционность, теплопроводность, ограждающие конструкции.

Инерционность ограждающих конструкций и систем отопления характеризует скорость изменения их температурного режима под влиянием колебаний температуры окружающей среды. При этом высокая инерционность ограждающих конструкций позволяет свести к минимуму влияние колебаний наружной температуры на температурный режим помещения, а низкая инерционность отопительных приборов позволяет максимально быстро сменить их температурный режим при погодозависимом регулировании.

Введение

Тепловая инерция в строительстве – это свойство ограждения сохранять относительно постоянную температуру внутренней поверхности при периодических изменениях внешних тепловых воздействий (колебания температуры наружного воздуха и солнечной радиации) [1-2]. По другим источникам [3-4]: тепловая инерция (условная толщина, массивность) – способность ограждающей конструкции сопротивляться изменению температурного поля при переменных тепловых воздействиях. Она определяет количество волн температурных колебаний, располагающихся (затухающих) в толще ограждения. При D , приблизительно равной 8,5, в ограждении располагается одна температурная волна.

Анализ публикаций

Инерционность зданий сильно влияет на результат погодозависимого управления отоплением, которое в большей или меньшей степени присутствует во всех современных системах отопления.

На работу теплообменного прибора с терморегулятором влияет его тепловая инерция. От нее зависят показатели экономической эффективности системы и санитарной гигиеничности помещения. При регулировании расхода теплоносителя происходит задержка во времени выхода теплообменного прибора на новый уровень теплопередачи, так как процесс

теплообмена является инерционным. Чем больше масса теплообменного прибора и масса воды в нем, а также чем меньше коэффициент теплопроводности материала, из которого он изготовлен, тем меньше экономический и санитарно-гигиенический эффекты от автоматического управления тепловым потоком.

Цель и постановка задачи

Цель данной статьи состоит в определении влияния показателя инерционности на плоские ограждающие конструкции, отопительные приборы и погодозависимую автоматику отопительных систем.

Методика исследования

Методика исследования заключается в проектной проработке плоских ограждающих конструкций и анализе публикаций по отопительному оборудованию.

Результаты и их анализ

Характеристика тепловой инерции D приближенно, без учета порядка слоев в конструкции, определяется по формуле:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i s_i; \quad (1)$$

где:

R_i – термическое сопротивление i -го слоя ограждающей конструкции, $(\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}$;

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}; \quad (2)$$

s_i – коэффициент теплоусвоения материалов i -го слоя за период в 24 ч, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Коэффициент теплоусвоения – величина, характеризующая теплоусвоение материала. Отражает способность материала воспринимать теплоту при колебании температуры на его поверхности [9-12]. Определяется отношением амплитуды колебания теплового потока к амплитуде колебания температуры на поверхности материала [5-8]. С увеличением частоты колебаний температуры коэффициент теплоусвоения

уменьшается. При больших частотах теплоусвоение мало.

$$s = \sqrt{\frac{2\pi\lambda_{cp}c\rho}{T}}; \quad (3)$$

где:
 λ_{cp} – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К);

c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);

ρ – плотность материала, кг/м³;

T – период тепловых колебаний, с.

При $T = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$ теплоусвоение:

$$s = 0,0085 \sqrt{\lambda_{cp}c\rho}; \quad (4)$$

Для конструкции:

безинерционной $D < 1,5$ ($t_{нар} = t_{мин}$)

малой инерционности $4 > D > 1,5$ ($t_{нар} = t_{хол}^{сут}$)

средней инерционности $4 < D < 7$ ($t_{нар} = (t_{хол}^{сут} + t_{мин} + t_{хол}^{5сут})/3$)

большой инерционности $D > 7$ ($t_{нар} = t_{хол}^{5сут}$)

где:

$t_{нар}$ – расчетная температура наружного воздуха, °С;

$t_{мин}$ – абсолютно минимальная температура наружного воздуха, °С;

$t_{хол}^{сут}$ – средняя температура наиболее холодных суток, °С;

$t_{хол}^{5сут}$ – средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С;

Зависимость расчетной зимней температуры наружного воздуха от тепловой инерции отменена еще в 1996 г. Сейчас для конструкции с любой тепловой инерцией принимается в качестве расчетной температуры наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий).

Для сравнения тепловой инерции различных видов конструкций возьмем три варианта:

- ракушняк 1000 мм;
- ракушняк 330 мм + минвата 50 мм;
- газобетон 120 мм.

Значения толщины слоев приняты условно и подобраны так, чтобы общее термическое сопротивление всех конструкций было примерно равным.

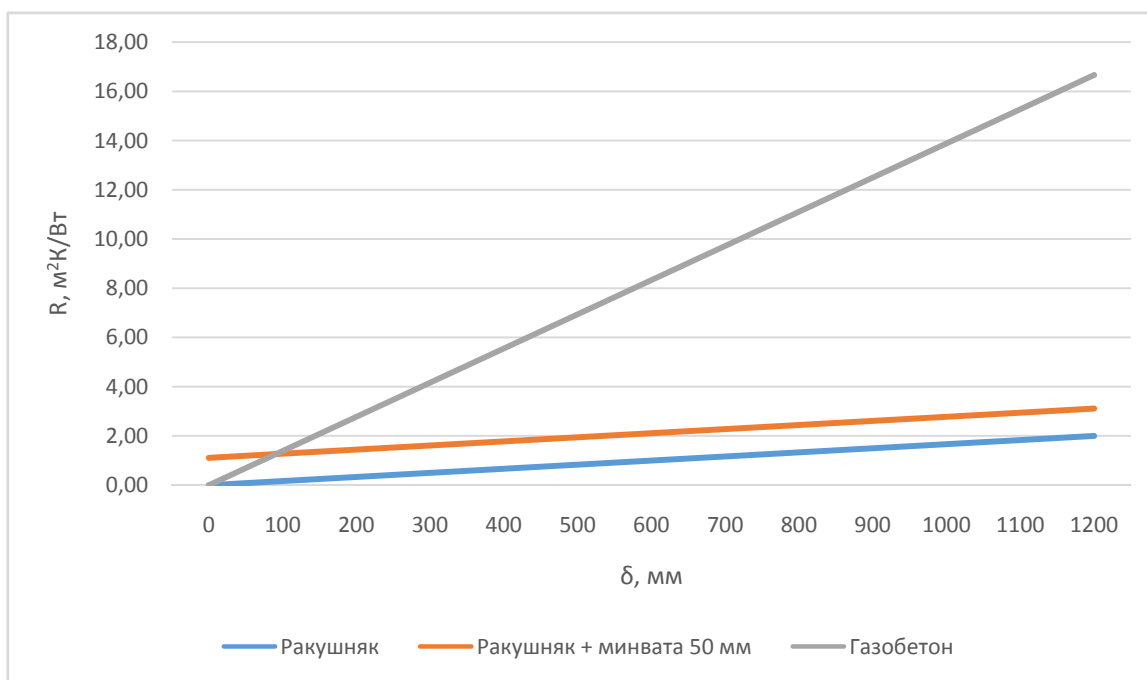


Рис. 1. График зависимости термического сопротивления от толщины ограждающей конструкции

На рис. 1 представлена зависимость термического сопротивления от толщины ограждающей конструкции. Как видно, скорость нарастания термического сопротивления (отношение $dR/d\delta$) плоской конструкции подчиняется линейному закону и зависит от тангенса угла наклона линии к оси абсцисс, численно равного коэффициенту теплопроводности материала λ , Вт/(м·К), в степени -1.

Физические характеристики материалов прием согласно справочным данным.

Результаты расчетов представим в виде таблицы.

Как видно из табл. 1, инерционность ограждающей конструкции отличается в каждом из случаев, хотя удельные потери тепла через 1 м² каждой из конструкций будут одинаковы, что определяется, во-первых – изначальным условием равенства термических сопротивлений, во-вторых – тем, что с 1996 года расчет теплопотерь при любых значениях D ведется по температуре наиболее холодной пятидневки.

Но в каждом из трех случаев различны показатели D, что означает разное время остывания помещений, выполненных из разных видов материалов. В нашем случае после резкого скачка наружной температуры или отключения системы

отопления дольше всего меняться будет температура в помещении, ограждающие конструкции которого выполнены из ракушечника толщиной 1000 мм, а быстрее всего – где конструкции из газобетона толщиной 120 мм.

Таблица. 1.

Тепловая инерция ограждающей конструкции различного состава

Материал	λ_{cp1}	$c1$	$\rho1$	$s1$	$\delta1$	R1	λ_{cp2}	$c2$	$\rho2$	$s2$	$\delta2$	R2	D
Ракушняк 1000 мм	0.6	836	1200	6.59	1	1.67	-	-	-	-	-	-	10.99
Ракушняк 330 мм + минвата 50 мм	0.6	836	1200	6.59	0.33	0.55	0.045	840	125	0.58	0.05	1.11	4.28
Газобетон 120 мм	0.072	840	300	1.14	0.12	1.67	-	-	-	-	-	-	1.91

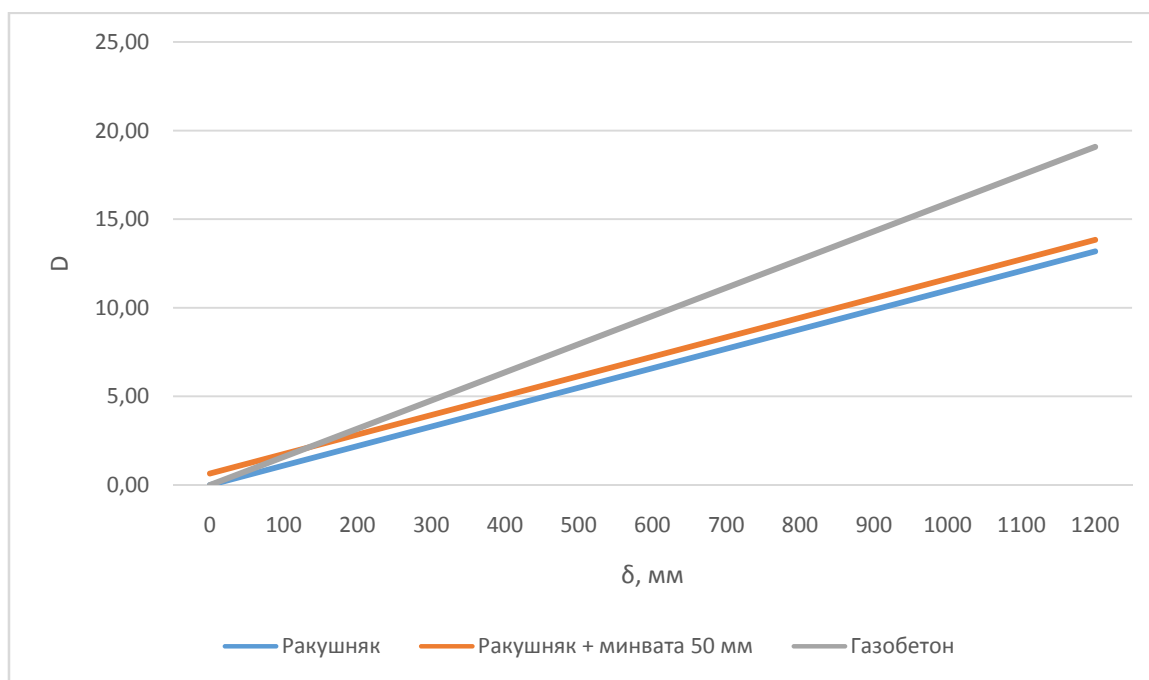


Рис. 2. График зависимости инерционности от толщины ограждающей конструкции.

На рис. 2 представлена зависимость инерционности от толщины ограждающей конструкции. Как видно, скорость нарастания инерционности (отношение $dD/d\delta$) плоской конструкции подчиняется линейному закону и зависит от тангенса угла наклона линии к оси абсцисс, численно равного отношению теплоусвоения материала к его коэффициенту теплопроводности (s/λ).

Что это значит и на что это влияет? Инерционность зданий сильно влияет на результат погодозависимого управления отоплением, которое в большей или меньшей степени присутствует во всех современных системах отопления: чем выше инерционность здания, тем меньше влияние колебаний наружной температуры на температурный режим внутри помещений, а, следовательно, тем менее «чуткое» регулирование температурного режима теплоносителя в системе отопления необходимо, что ведет к снижению затрат на автоматизацию.

Как видно из расчета, помещение с ограждающими конструкциями, выполненными из газобетона, при прочих равных условиях значительно сильнее подвержены влиянию колебаний температур. Поэтому они с точки зрения поддержания температурного режима менее приемлемы для использования.

На практике вопрос применения того или иного материала полностью зависит от экономических возможностей, а также от конструктивного расчета и расчета теплотерь с последующим сравнением их с нормативными значениями. То есть вопрос инерционности не является одним из основополагающих.

Теперь перейдем к вопросу инерционности системы отопления.

Вот что по этому вопросу написано в книге «Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика» фирмы Danfoss:

«Теплообменные приборы бывают с малой тепловой инерцией – имеющие малую массу

металла, малую водоемкость, высокий коэффициент теплопроводности (конвекторы, конвекторы-радиаторы, панельные радиаторы, фанкойлы, охлаждающие панели) и большой тепловой инерцией: соответственно с большой массой металла или бетона, большой водоемкостью, низким коэффициентом теплопроводности (чугунные радиаторы, отопительные панели в полу и т. п.).

Сравнение инерционности теплообменных приборов показывает, что наиболее управляемыми являются фанкойлы и вентилируемые потолочные панели (балки) охлаждения. Они через несколько минут выходят на заданный тепловой режим.

Около пяти минут необходимо конвекторам и конвекторам-радиаторам с медными трубками и алюминиевым оребрением, чтобы адекватно отреагировать на действия терморегулятора. Для панельных радиаторов на это требуется примерно пятнадцать минут.

Большую тепловую инерцию имеют секционные чугунные радиаторы: им необходимо несколько часов для остывания после перекрытия терморегулятором потока теплоносителя. При этом терморегулятор создает условия для экономии энергоресурсов, но радиатор не дает возможности их реализовать. Радиатор на такой же промежуток времени запаздывает с реагированием на открывание терморегулятора. В это время терморегулятор создает условия для обеспечения теплового комфорта в помещении, но радиатор для этого еще не готов.

Самую большую тепловую инерцию имеют отопительные и охлаждающие панели, выполненные в виде замкнутой конструкции трубопроводов (в полу, стенах или потолке). Время реагирования на действия терморегулятора для них исчисляется десятками часов. Они не способны в полной мере (не учитывая незначительного саморегулирования теплообмена, возникающего при изменении разницы температур воздуха и панели) отреагировать на дополнительные теплоступления в помещение. Поэтому используют теплые полы, предназначенные лишь для обеспечения теплового комфорта на уровне ног, а остаток теплотерь помещения компенсируют дополнительными малоинерционными теплообменными приборами с терморегуляторами».

Из вышесказанного следует сделать вывод, что наиболее эффективными приборами в системе отопления будут те, которые имеют наименьшую инерционность. Это позволяет максимально быстро менять температурный режим отопительного прибора при погодозависимой регулировке параметров теплоносителя.

Но, как и в случае с инерционностью ограждающих конструкций, инерционность отопительных приборов также не является основополагающим фактором. Вид отопительных

приборов обычно определяется исходя из экономических и дизайнерских соображений.

Выводы

1. Скорость нарастания термического сопротивления (отношение $dR/d\delta$) плоской конструкции подчиняется линейному закону и зависит от тангенса угла наклона линии к оси абсцисс, численно равного коэффициенту теплопроводности материала λ , Вт/(м·К), в степени -1.

2. Скорость нарастания инерционности (отношение $dD/d\delta$) плоской конструкции подчиняется линейному закону и зависит от тангенса угла наклона линии к оси абсцисс, численно равного отношению теплоусвоения материала к его коэффициенту теплопроводности (s/λ).

3. Тепловая инерционность ограждающих конструкций должна быть как можно большей во избежание значительного влияния колебаний наружной температуры на тепловой режим помещений.

4. Тепловая инерционность отопительных приборов должна быть как можно меньшей для наиболее быстрого реагирования теплового режима прибора на погодозависимое регулирование.

Список литературы

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловая_инерция
2. http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/D372DC0F-60D4-4FD5-88C6-A641411C65E1/0/Chpater6_NE.pdf
3. <http://refrigeration.openmechanics.com/articles/70.pdf>
4. http://www.prof2.ru/professii/avtomatizacija_zdaniy/materiali_slesar/sistem_teplosnabzhen/
5. Быстров Ю.А., Исаев С.А., Кудрявцев Н.А., Леонтьев А.И. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб. / СПб.: Судостроение, 2005.-392 с.
6. Денисихина Д.М., Бассина И.А., Никулин Д.А., Стрелец М.Х. Численное моделирование автоколебаний турбулентной струи, истекающей в прямоугольную плоскость // ТВТ. – 2005. – Том 43. – №4 – С. 568-579.
7. Гримитлин А.М., Дацюк Т.А., Денисихина Д.М. Математическое моделирование в проектировании систем вентиляции и кондиционирования: монография / А.М.Гримитлин, Т.А.Дацюк, Д.М. Денисихина.- СПб : АВОК Северо-Запад, 2013. – 192 с.
8. Борисенко К.А., Зайцев О.Н. Современные системы обеспечения теплового режима зданий // Труды Междунар. научно-технической конф. «11-ый Европейский форум энергетиков». – Opole (Poland). – 2008.- С. 247-252.
9. Lubarec A.P., Zaitsev O.N. Power saving technologies in modern systems of water heating //

Motrolyzacja i energetyka rolnictwa. Lublin: Motrol, 2009, №11, P.214-219

10. Довмир Н.М. Низкотемпературные режимы систем отопления как предпосылка эффективного применения конденсационных котлов и тепловых насосов // Пром. теплотехника. — 2008. — № 5. — С. 62-68;

11. Накорчевский А.И. Система теплоснабжения теплоавтономного дома // Пром. теплотехника. — 2009. — № 1. — С. 67-73.

12. Юрченко О., Любарец А., Дихтярь Т., Зайцев О. Экспериментальные исследования колебаний скорости в сильнозакрученной газовой струе с прецессирующим вихревым ядром // Труды международной конференции «Энергия -2010», Lublin: Motrol, 2010. — сб. № 12С. — С.266-272.

Podnebesny S. V., Bogatikova N. P., Zaitsev O. N.

INFLUENCE ON THE THERMAL CONDITIONS OF A LOCATION OF THE INERTIA OF THE BUILDING ENVELOPE AND HEATING DEVICES

Annotation. The performed studies have proven that the most effective instruments in the system of general relativity, the captives will be those that have the least inertia. This allows you to quickly change the mode-temperature-heater with modulating adjustment parameters of the coolant. It also shows that the inertia of the heating devices is also not a key factor. Type of heating devices is usually determined on the basis of economic and design considerations.

Keywords: inertia, thermal conductivity, the building envelope.

УДК 620.92:628.2(477.75)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Салиев Э. И.* , Штонда Ю. И.** , Штонда А. Ю.** Шаляпин С. Н.*** ,

Шаляпина Т.С.*** , Пилявская А. В.**** , Злобина А. Д.****

* ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: saliv.en@mail.ru

**ООО " НПФ "ЭКВИК", г. Алушта, ул. В. Хромых, д. 29, оф. 2,

e-mail: shtonda-yurij@mail.ru

***ООО «Харьковская электротехническая компания», Украина, г. Харьков, пр. Ленина, 60,

e-mail: vodogray@helco.com.ua

****АФ ГУП РК "Вода Крыма", г. Алушта, ул. Партизанская, д. 41,

e-mail: anastasiya_simfer@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований по использованию альтернативных источников электроэнергии для энергоснабжения существующих малых канализационных очистных сооружений в Республике Крым.

Ключевые слова: сточные воды, малые канализационные очистные сооружения, солнечная энергия, электроэнергия, малая гидроэлектростанция, энергоснабжение.

Введение

Постоянный рост цен на электрическую энергию приводит к резкому росту тарифов на водоснабжение и водоотведение. Однако приведение тарифов к экономически обоснованным нормативам упирается в неплатёжеспособность населения, что не позволяет в должной степени компенсировать затраты коммунальных предприятий и приводит к росту задолженности перед энергогенерирующими и энергораспределяющими компаниями, возникновению хозяйственных споров и т.п. Всё это диктует необходимость широкого внедрения в практику водоснабжения и водоотведения энерго-сберегающих технологий. К сожалению, применение только одних энергосберегающих технологий позволяет снизить затраты на 10 – 15%, что не обеспечивает компенсацию затрат на использованные энергоресурсы. Поэтому, наряду с внедрением энергосберегающих технологий актуальным становится поиск альтернативных источников энергоснабжения.

Устойчивая и эффективная работа канализационных очистных сооружений, зависит от качества работы систем энергоснабжения. Учитывая сложившуюся ситуацию с энергоснабжением Республики Крым, внедрение энергосберегающих

технологий для устойчивого обеспечения электроэнергией комплекса объектов водоотведения, актуально. Отсутствие электроэнергии на канализационных очистных сооружениях, более чем на два часа, приводит к выходу из работы всего комплекса биологической очистки сточных вод [1,2].

Анализ публикации

В существующих и проектируемых технологических схемах водоотведения промышленных, хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод отвод очищенной сточной воды осуществляется по специально обустроенным каналам в самотёчном режиме. При этом расход воды, протекающей по одному каналу, как правило, составляет от 40 до 3600 м³/ч (0,11 – 1,0 м³/с), а скорость течения воды в канале составляет от 2 до 4 м/с. Данный факт, подразумевает возможность использования отводящихся очищенных сточных вод для получения электрической энергии, которую можно применить для частичной компенсации энергозатрат, связанных с технологическими процессами очистки сточной воды или использовать для других целей. Например, для освещения территории КОС, на хозяйственно-бытовые нужды (подогрев воды) или энергоснабжение УФ установок для обеззараживания сточных вод, которые содержат в себе, возбудителей таких

опасных заболеваний как холера, дизентерия, тиф, сальмонеллез, вирусный гепатит, полиомиелит, энтеровирусные и аденовирусные инфекции, лямблиоз, лептоспироз, бруцеллёз, туберкулёз, гельминтозы и другие.

Анализируя энергетический потенциал используемых на канализационных очистных сооружениях водоотводящих каналов, возможно сделать вывод, что для эффективного использования альтернативных источников энергоснабжения могут применяться свободнопоточные микрогидроэлектростанции (микроГЭС) (рис. 1) единичной мощностью от 0,7 до 10 кВт. Главным достоинством таких микроГЭС является возможность их монтажа в существующем водоотводящем канале, либо по байпасной схеме рядом с водоотводящими каналом. В случае наличия естественного перепада высот достаточной величины (5 – 10 м) возможно применение деривационных микроГЭС.

Цель и постановка задачи исследования

Исследовать возможность применения альтернативных источников электроэнергии для энергоснабжения существующих малых канализационных очистных сооружений в Республике Крым на базе Алуштинского филиала ГУП РК "Вода Крыма".

Основной раздел

Алуштинский филиал ГУП РК "Вода Крыма" осуществляет эксплуатацию практически всех объектов водоснабжения и водоотведения Алуштинского района. Сотрудниками Алуштинского филиала ГУП РК "Вода Крыма" ведутся многолетние работы по внедрению передовых технологий и оборудования [3-11].

При изучении существующих канализационных очистных сооружений в Алуштинском филиале ГУП РК "Вода Крыма", с высокой степенью эффективности, возможно применение свободнопоточных микрогидроэлектростанций, в п. Рыбачье, п. Утес, п. Солнечногорском, п. Малореченское.



Рис. 1. Свободнопоточные микрогидроэлектростанции

На большинстве существующих канализационных очистных сооружений в Республике Крым, перепад высот составляет всего

несколько метров (обычно от 1,5 до 4 м). Так на канализационных очистных сооружениях г. Алушты перепад высот составляет 3,0 м. Наличие такого небольшого перепада высот позволяет применить ещё один перспективный тип микроГЭС – водовихревой (рис. 2). К основным достоинствам такой микроГЭС относится возможность эффективной генерации электроэнергии при малых перепадах высот. Так, установленная в городке Оберграфендорф (Obergrafendorf) водовихревая микроГЭС при перепаде высот в 1,2 м и расходе воды равным 1 м³/с обеспечивает выработку электрической энергии в количестве до 9,5 кВт·ч. Одним из интересных свойств водовихревой микроГЭС является высокий коэффициент полезного действия гидротурбины, который превышает 79% [12].

При работе свободнопоточных микрогидроэлектростанций и водовихревых микроГЭС, на канализационных очистных сооружениях, происходит не только получение электроэнергии, но что немаловажно, аэрация очищенных сточных вод. При работе лопастной турбины (которая вращается с низкой скоростью 60 – 75 об/мин) происходит принудительная аэрация всего проходящего через микроГЭС объёма сточной воды, что положительно влияет на развитие живущих в воде микроорганизмов и конечную эффективность процесса очистки сточной воды. Повышение растворенного кислорода в сточных водах, повышает эффективность биологической доочистки очищенных сточных вод и положительно влияет на водные объекты, в которые они сбрасываются.



Рис. 2. Водовихревая микроГЭС

Учитывая, что величина потока воды в водоотводящем канале на протяжении суток может изменяться в широких пределах, то скорость вращения гидротурбины также будет непостоянной. Это приведёт к большим разбросам амплитуды и частоты вырабатываемого тока и напряжения, и, как следствие, может привести к поломке самой микроГЭС, что негативно скажется на потребителях вырабатываемой микроГЭС электроэнергии. Для стабилизации частоты вращения гидротурбины микроГЭС наиболее целесообразно применение следующих методов:

1. стабилизация частоты вращения гидротурбины;
2. стабилизация частоты генерируемого тока при изменении частоты вращения гидротурбины;
3. сочетание обоих вышеперечисленных методов.

Для стабилизации частоты вращения гидротурбины применяются специальные регуляторы, которые ограничивают поток поступающей на гидротурбину воды, чем достигается стабилизация основных электрических параметров вырабатываемой электроэнергии. Этот метод требует наличие специального регулирующего (направляющего) аппарата, состоящего из регулирующего величину потока заслонки и системы управления, которая обеспечивает изменение положения заслонки или угла атаки лопаток гидротурбины в зависимости от частоты вращения гидротурбины (ротора генератора).

Большое влияние на эффективность работы микроГЭС имеет тип применяемого электрогенератора. На сегодняшний день промышленностью выпускается два основных типа генераторов, которые нашли применение в гидроэнергетике – это синхронные и асинхронные генераторы. Не останавливаясь на конструктивных особенностях синхронных и асинхронных генераторов необходимо заметить, что для обоих типов генераторов величина вырабатываемого напряжения зависит от частоты вращения его ротора, и что запуск генератора осуществляется при помощи специальных устройств, например при помощи конденсаторной батареи, или специального возбуждающего устройства. В большой и малой гидроэнергетике наибольшее распространение получили синхронные генераторы, которые характеризуются высокой стабильностью параметров вырабатываемой электроэнергии и хорошо приспособлены для работы в автономном режиме.

Для получения электрической энергии, а особенно в микрогидроэнергетике, применяются асинхронные генераторы, которые по сравнению с синхронными генераторами обладают более простой конструкцией, повышенной стойкостью к внешним авариям, значительным ресурсом и простотой технического обслуживания. Асинхронный генератор лучше защищён от попадания пыли и влаги, более устойчив к короткому замыканию и перегрузкам. Выходное напряжение асинхронного генератора по сравнению с синхронным генератором имеет меньше искажений. Коэффициент гармоник (клирфактор) асинхронного генератора в 7 раз меньше, чем у синхронного генератора и составляет около 2%, что позволяет использовать асинхронные генераторы не только для питания промышленных устройств, которые не критичны к форме выходного напряжения, но и обеспечивают возможность подключения электронной техники. Асинхронный

генератор является идеальным источником тока для приборов, имеющих активную нагрузку: электронагревателей, сварочных преобразователей, ламп накаливания, электронных устройств, компьютерной техники [13].

Асинхронный генератор может работать как в автономном режиме, т.е. без включения в общую электрическую сеть, так и в режиме подключения к общей электросети. Особенно интересен режим работы асинхронного генератора совместно с внешней электрической сетью. В этом случае частота ЭДС асинхронного генератора определяется скоростью вращения магнитного поля статора, которое задаётся частотой тока в сети, к которой подключён генератор и при небольших изменениях скольжения (от 2 до 5%) не зависит от частоты вращения ротора (гидротурбины). Т.е. внешняя электрическая сеть стабилизирует частоту вырабатываемой генератором ЭДС, что упрощает систему управления. Так как обмотка статора подключена к внешней электрической сети напряжением равном выходному напряжению генератора и потребляет из сети намагничивающий ток, то в таком режиме асинхронный генератор потребляет из сети только реактивную энергию, которая необходима для создания вращающегося магнитного поля статора, и отдаёт в сеть активную энергию, получаемую в результате преобразования механической энергии гидротурбины. Т.е. асинхронный генератор выступает не только как источник электрической энергии, но и является своеобразным преобразователем реактивной мощности, что положительно сказывается на режиме работы всей электрической сети.

Несмотря на все преимущества асинхронных генераторов, они не получили широкого применения в электроэнергетике из-за чрезмерной громоздкости и высокой стоимости конденсаторных батарей. Однако применение асинхронных генераторов является весьма перспективным для генераторов мощностью до нескольких десятков киловатт.

Выбор того или иного типа электрического генератора во многом зависит от конструктивных требований к микроГЭС и стабильности частоты вырабатываемого тока. Стоит также заметить, что стоимость асинхронных генераторов мощностью до 15 кВт меньше стоимости аналогичного синхронного генератора, а также то, что в качестве асинхронного генератора можно применять серийно выпускаемые асинхронные электродвигатели.

При работе асинхронного генератора в параллельном с внешней электрической сетью режиме необходимость в балластной нагрузке отпадает, т.к. в этом случае в качестве балластной нагрузки выступает сама электрическая сеть. В этом режиме работы микроГЭС выступает как дополнительный источник электрической энергии. При величине потребляемой полезной нагрузкой мощности меньше выходной мощности микроГЭС

часть избыточно вырабатываемый электрической энергии передаётся во внешнюю электрическую сеть, обеспечивая постоянную нагрузку генератора тем самым стабилизируя величину выходного напряжения и частоту вырабатываемого электрического тока. При превышении потребляемой нагрузкой мощности происходит потребление электроэнергии из внешней сети, что также положительно сказывается на стабилизации выходного напряжения генератора и частоты вырабатываемого тока.

Таким образом, на основании выше изложенного, применение на существующих канализационных очистных сооружениях в Алуштинском филиале ГУП РК "Вода Крыма", двух типов микроГЭС - свободнопоточных и водовихревых, являются наиболее перспективными. Оба эти типа микроГЭС могут за счёт кинетической энергии потока сбрасываемых очищенных сточных вод обеспечить получение электрической энергии, которую можно использовать для технологических нужд. В случае значительной протяжённости водоотводящих каналов и трубопроводов (КОС в п. Рыбачье, п. Утес, п. Солнечногорское, п. Малореченское) предпочтительно применение свободнопоточных микроГЭС, которые можно устанавливать каскадно, увеличивая суммарную эффективность работы электростанции. Если позволяет рельеф местности, то имеет смысл установка водовихревых микроГЭС (КОС в г. Алушта и п. Партенит), которые обладают большей энергоёмкостью.

Создание альтернативных источников энергоснабжения на базе свободнопоточных и водовихревых микроГЭС не требует значительных капитальных вложений, т.к. для их монтажа не требуется существенная переделка водоотводящих каналов. Стоимость капитальных вложений в расчёте на 1 кВт генерируемой мощности ориентировочно составляет от 210 до 280 тысяч рублей, что обеспечивает быструю окупаемость капитальных вложений.

Для обеспечения необходимого количества электроэнергии для эффективной очистки сточных вод, при комплексном использовании микроГЭС и солнечных электростанций позволяет полностью обеспечить электроэнергией работу оборудования для обеззараживания очищенных сточных вод, а в солнечные дни, выдавать во внутреннюю электрическую сеть канализационных очистных сооружений дополнительную электроэнергию [14, 15].

Выводы

Для обеспечения экологической безопасности прибрежной зоны Республики Крым, предлагается для устойчивого и бесперебойного обеспечения электроснабжением оборудования на существующих канализационных очистных сооружениях, использование работы микроГЭС, что позволит обеспечить эффективную и устойчивую очистку сточных вод.

Список литературы

1. Эпоян С., Штонда И., Штонда Ю., Зубко А., Звягинцев Ю. Интенсификация работы малогабаритных канализационных очистных сооружений с использованием солнечной энергии// MOTROL. - Lublin, 2010. – Vol. 12С. - P. 315-321.
2. S. Epojаn, I. Shtonda, Y. Shtonda, A. Zubko, Y. Zvyagintsev. Solar energy usage for the improvement of the treatment efficiency and operation stability at small-scale wastewater treatment plants. // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. Simferopol-Lublin 2011– Volume 13С. –2011. P. 91-96.
3. Пантелют Г.С., Атаманчук В.М., Штонда Ю.И. Особенности водоотведения и очистки сточных вод Большой Алушты // ВСТ. – Москва. – 2005. - № 9. – С. 17 – 20.
4. Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Опыт обработки и обезвоживания осадков сточных вод на сооружениях канализации г. Алушты // ВСТ.– Москва. – 2007. - № 3. – С. 37 – 40.
5. Эпоян С.М., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Повышение эффективности работы сооружений механической очистки на канализационной очистной станции «Алушта» // Науково технічний зб. «Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки» - Київ: КИСИ, 2007.- Вип. 8 – С.99 – 105.
6. Эпоян С.М., Осинский Ю.А., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Повышение эффективности и надежности работы канализационных очистных сооружений, автоматизация канализационных насосных станций поселка Утес АР Крым // Науковий вісник будівництва.—Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2008.- Вип.45.- С.178-181.
7. Эпоян С.М., Атаманчук В.М., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Применение метода биокоагуляции при эксплуатации системы биологической очистки сточных вод на КОС «Алушта» в осенне-зимний период для энергосбережения // Науковий вісник будівництва.—Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2008.- Вип.50.- С.161-166.
8. Эпоян С.М., Штонда Ю.И. Интенсификация работы сооружений биологической очистки на канализационных очистных сооружениях г. Алушта. // Науковий вісник будівництва.—Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2009.- Вип.53.- С.227-231.
9. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Интенсификация очистки сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях поселка Канака в АР Крым. // Науковий вісник будівництва.—Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2010.- Вип.56.- С.230-233.
10. Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Интенсификация очистки сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях Крыма. // ВСТ. – Москва. – 2010. - № 9.- С. 8 – 12.
11. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Совершенствование работы малогабаритных канализационных очистных

сооружений поселка Малореченское в АР Крым. // Научный вестник строительства.—Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2010.- Вип.60.- С.271-274.

12. Zotloer: Smart – Energy - Systems – Режим доступа: <http://www.zotloer.com>.

13. Встовский А.Л., Федий К.С., Архипцев М.Г., Спирин Е.А. Система управления асинхронным генератором для возобновляемых источников энергии. //Известия Томского политехнического университета. - 2014. - Т. 324. №4. – С. 133–138.

14. Штонда Ю. И., Звягинцев Ю.М. Зубко А.Л. Автономное энергоснабжение канализационных

очистных сооружений в АР Крым. // Водопостачання і водовідведення. – Київ. – 2012. - №1/12. – С. 54-57.

15. Эпоян С.М., Штонда Ю. И., Зубко А.Л. Звягинцев Ю.М. Автономное энергоснабжение КОС города Евпатория с использованием фотоэлектрических преобразователей и горизонтальных ВЭУ с асинхронными генераторами. // Научный вестник строительства. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2012.- Вип. 67.- С.270-275.

Saliev E. I., Shtonda Yu.I., Shtonda A.Yu., Shalyapin S. N.,

Shalyapina T. S., Pilyavskaya, A. V., Zlobina A. D.

THE USE OF ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRICITY FOR POWERING SMALL SEWAGE TREATMENT FACILITIES IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

Summary. The results of studies on the use of alternative electricity sources to electric power supply the existing small sewage treatment plants in the Republic of Crimea.

Key words: wastewater, small sewage treatment plant, solar energy, electricity, small hydropower plant, electric power supply.

УДК 004.643

ВНЕДРЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ZULU» НА ПРЕДПРИЯТИИ СФЕРЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Салиев Э. И. *, Злобина А. Д. **

* ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),

Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: saliv.en@mail.ru

**АФ ГУП РК "Вода Крыма", г. Алушта, ул. Партизанская, д. 41,

e-mail: nochka221193@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрены достоинства и недостатки применения мобильных устройств при работе с геоинформационной системой ZULU.

Ключевые слова: геоинформационная система (ГИС), инженерные сети, мобильные устройства,

Введение

Сбор, обобщение, систематизация и обработка данных об окружающем мире - основные задачи современной науки. Но результаты обработки имеют ценность только в том случае, если они должным образом представлены. Представление обеспечивает эффективное восприятие информации человеком или передачу ее на исполнительные органы в автоматизированных системах управления.

Человек всегда пытался облегчить и улучшить свою жизнь. Возможности хранения информации с появлением первых компьютеров многократно возросли и практически сразу же были сделаны попытки не просто сделать на компьютере карту, а связать с каждым объектом карты его описание, внесенное в базу данных. Так появилась сама концепция геоинформационной системы (ГИС). Стремление пользоваться новым, столь удобным для анализа информации типом карт, было настолько сильно, что первые электронные карты делались с помощью заливки площадных объектов карты буквенными символами - матричные принтеры в 70-е годы XX века на большее не были способны, развитых возможностей для работы с графикой компьютеры еще не имели.

Анализ публикации

Сравнение достоинств и недостатков применения мобильных устройств для работы с инженерными сетями, проводится по следующим основным показателям: режим реального времени, автономный режим, гибридный режим.

Цель и постановка задачи исследования

Исследовать возможность применения мобильных устройств для работы с инженерными сетями в геоинформационной системе «ZULU».

Основной раздел

Геоинформационная система ZULU предназначена для разработки ГИС приложений, требующих визуализации пространственных данных в векторном и растровом виде, анализа их топологии и их связи с семантическими базами данных.

С помощью ZULU можно создавать всевозможные карты в географических проекциях или план-схемы, включая карты и схемы инженерных сетей с поддержкой их топологии, работать с большим количеством растров, проводить совместный семантический и пространственный анализ графических и табличных данных, создавать различные тематические карты, осуществлять экспорт и импорт данных.

Главным козырем объединения карты и базы данных является возможность как получить информацию по отдельному объекту «в один клик мыши», так и быстро и качественно проанализировать ситуацию. Также ГИС дает возможность переходить от одного масштаба карты к другому в режиме реального времени.

Наряду с обычным для ГИС разделением объектов на контуры, ломаные, символы, ZULU поддерживает линейно-узловую топологию, что позволяет моделировать инженерные и другие сети.

Топологическая сетевая модель представляет собой граф сети, узлами которого являются точечные объекты (колодцы, источники, задвижки, рубильники, перекрестки, потребители и т.д.), а ребрами графа являются линейные объекты (кабели, трубопроводы, участки дорожной сети и т.д.)

Топологический редактор создает математическую модель графа сети непосредственно в процессе ввода (рисования) графической информации.

Используя модель сети можно решать ряд топологических задач: поиск кратчайшего пути, анализ связности, анализ колец, анализ отключений, поиск отключающих устройств и т.д.

Внедрение ГИС на предприятии сферы жилищно-коммунального хозяйства - с одной стороны это современное, прогрессивное решение: ГИС на предприятии позволяет полностью автоматизировать или сильно упростить выполнение различных задач, возникающих в процессе работы, что приводит к сокращению как временных, так и денежных затрат. При полноценном внедрении ГИС речь идет уже не о повышении деятельности того или иного отдела, но о росте эффективности функционирования предприятия в целом.

С другой стороны – мало принять решение о внедрении ГИС. Необходимо с самого начала понять, что именно Вы хотите получить от внедрения системы, и построить процесс внедрения так, чтобы при эксплуатации максимально использовать возможности, ей предоставляемые.



Рис. 1. Преимущества передовых технологий для решения повседневных задач предприятия, эксплуатирующего инженерные коммуникации.

Мобильные устройства (смартфоны и планшеты) стали широко распространенным инструментом, и многие специалисты начинают осознавать, насколько полезным этот инструмент может стать в их работе, какие конкурентные преимущества он может принести.

Использование мобильных устройств, при работе с инженерными сетями, вызывает интерес у руководителей предприятий. В тоже время, у них нет полного представления о том, какие задачи должны решать эти устройства.

Фактором, тормозящим применение мобильных устройств, является и то, что нет четкого понимания, какие преимущества и выгоду могут получить организации от применения этих устройств.

Формирование спроса и развитие рынка использования мобильных устройств, как правило, определяют организации, которые готовы идти на определенные риски в поисках новых конкурентных

преимуществ. Для этих организаций очень важно вовремя уловить потребности пользователей и первыми создать продукты, эти потребности удовлетворяющие.

Необходимо отметить, что такая потребность есть и она очень актуальна в связи с тем, что водоснабжающие организации находятся под давлением законов регламентирующих их деятельность. Эти законы требуют, чтобы они располагали подробными сведениями и описанием всей системы транспортировки воды от источника до потребителя. При этом все инженерные сети должны быть паспортизированы, (проведена их полная инвентаризация) положены на карту города (населенного пункта) с привязкой к кадастровому делению территории.

Что же должно выполнять программное обеспечение, установленное на мобильном устройстве, чтобы удовлетворить эти потребности и привлечь пользователя?

Программное обеспечение, установленное на смартфон или планшетное устройство, без применения специальных устройств, должно:

- показывать на карте города (населенного пункта) место расположения инженерных сетей (тепловых, водопроводных, канализационных, газовых и т.д.) с привязкой к кадастровому делению территории;

- осуществлять фиксацию аварий на инженерных сетях с привязкой к координатам местности, производить описание аварии, выполненных работ, различные нарушения с фотоснимками с записью информации на Web-сервер;

- осуществлять фиксацию сотрудником выполненной работы, отчет с мобильного устройства с использованием сторонних офисных приложений;

- определять место положение специалиста и объекта на карте (текущие координаты, например в системе координат WGS – 84);

- отображать маршруты передвижения по инженерным сетям, например, водопроводные сети, определять направление движения к заданному объекту;

- записывать маршрут (передвижения специалиста), точек интереса (объектов с символьной привязкой к карте) в слой на планшете и Web-сервере;

- определять расстояние до объектов инженерной сети. Измеритель расстояния – линейка;

- предоставлять сотруднику на мобильное устройство инструкции к обслуживаемому оборудованию, правила проведения ремонта оборудования и т.д.;

- осуществлять контроль за работой сотрудников в режиме реального времени. Отслеживать их местонахождение и маршруты передвижения, эффективность работы, например,

количество времени, потраченное на обслуживание или ремонт оборудования, и т.д.;

- осуществлять навигацию по карте, отображать, компас, север-юг, масштаб карты, направление движения;
- осуществлять получение исполнительной документации по участкам сети;
- осуществлять поиск пересечений с различными инженерными коммуникациями;
- корректировать семантическую информацию о сетях;
- осуществлять запись семантической информации на Web-сервер;
- корректировать графическую информацию о месте расположения объектов инженерной сети;
- добавлять на карту новые объекты, имеющие отношение к инженерным сетям, например, неучтенные объекты, место возникновения аварии и т.д.;
- осуществлять инвентаризацию (паспортизацию) сетей в полевых условиях;
- осуществлять организацию запросов по базе данных;
- осуществлять поиск пожарных гидрантов и запорных устройств и т.д.;
- иметь систему разграничения доступа к информации для различной группы пользователей (бригадир, мастер, руководитель), в соответствии с которой каждый пользователь наделен определенными правами доступа и разрешенными операциями с данными;
- решать коммутационные задачи (поиск отключающих устройств, при аварии на участке);
- мобильная ГИС должна показать направление движения жидкости на отключаемом участке, от какого источника осуществляется питание, какие объекты попадают под отключение, какие ближайшие задвижки необходимо закрыть, диаметр и протяженность отключаемого трубопровода и т.д.

Такие задачи, на наш взгляд, будут востребованы на рынке в самом ближайшем будущем.

Рассмотрим три режима работы мобильных устройств, позволяющие реализовать перечисленные выше задачи:

1. Режим реального времени (онлайн-режим).

Вся информация для работы сотрудников готовится, кэшируется и публикуется на Web сервере предприятия. Векторизованные схемы тепловых, водопроводных, газовых, канализационных сетей. Публичная кадастровая карта РФ Rosreestr, карты Google Maps, Yandex Maps, Open Street Map, Bing Maps, Ovi Maps, Yahoo Maps и т.д.

Плюсы:

Подключение к Web серверу предприятия любого количества мобильных устройств (смартфоны, планшетники).

Возможность синхронизации изменений с централизованной базой данных в режиме онлайн.

Оперативное получение информации в режиме реального времени.

Выполнение запросов в режиме реального времени.

Находясь в офисе осуществлять контроль за изменением информации о состоянии сетей и работой сотрудников в режиме реального времени.

Наличие средств защиты информации на Web сервере (настройки, пароли).

Минусы:

Необходимо постоянное подключение к сети Интернет, через сеть мобильного оператора.

Перебой в приеме Интернет трафика.

Недостаточно быстрая работа мобильного Интернета.

Достаточно высокая стоимость мобильного Интернета.

Кэшируется (сохраняется) только та область карты, которая отображается на экране мобильного устройства.

Кэшируются данные только в том масштабе, в котором они отображаются на экране мобильного устройства.

Для загрузки данных по сети, например, водоснабжения во всех масштабах, необходимо на экране мобильного устройства, просматривать всю сеть на каждом интересующем нас масштабе.

2. Автономный режим (offline-режим).

Вся информация для работы готовится на локальном компьютере. С помощью локальной ГИС сохраняют данные с общедоступных онлайн сервисов во всех интересующих Вас масштабах, готовят и обрабатывают данные (топографические карты, космические снимки, схемы инженерных сетей и прочие растровые материалы). Сохранённые и подготовленные таким образом данные тиражируют на любое количество мобильных устройств. Система работает автономно без подключения к мобильному Интернету.

Плюсы:

Отсутствует необходимость подключение к сети Интернет.

Возможность работы в полевых условиях без доступа к стационарным компьютерам и сети Интернет.

Возможность синхронизации изменений с централизованной базой данных в режиме offline.

Возможность использования мобильных устройств, например, планшетников, в которых не предусмотрена возможность работы с СИМ картой.

Возможность использования своего картографического материала в растровом виде.

Минусы:

Нет возможности оперативно обновлять данные.

Нет возможности получения оперативной информации и выполнения запросов в режиме реального времени.

3. Гибридный режим.

На Web сервере предприятия подготовлена и опубликована информация по тепловым, газовым, водопроводным и канализационным сетям.

Осуществлена загрузка и кэширование данных с онлайн сервисов на карту памяти мобильного устройства путём непосредственного подключения мобильного устройства к сети Интернет.

С помощью локальной ГИС сохраняют данные с общедоступных онлайн сервисов во всех интересующих Вас масштабах, готовят и обрабатывают данные (топографические карты, космические снимки и прочие растровые материалы). Сохранённые и подготовленные таким образом данные тиражируют на любое количество мобильных устройств.

Плюсы:

Подключение к Web серверу предприятия любого количества мобильных устройств (смартфоны, планшетики).

Находясь в офисе можно осуществлять контроль за изменением информации о состоянии сетей и работой сотрудников в режиме реального времени.

Возможность использования своего картографического материала в растровом виде.

Оперативное получение информации и выполнение запросов в режиме реального времени по инженерным сетям.

Наличие средств защиты информации на Web сервере (настройки, пароли).

Минусы:

Перебои в приеме Интернет трафика.

Недостаточно быстрая работа мобильного Интернета.

Достаточно высокая стоимость мобильного Интернета.

Любая эксплуатационная организация стремится сократить время, затраченное на выездные работы, связанные, например, со сбором данных об инженерных сетях или с устранением аварии. Соответственно, если это сбор данных об объектах сети (положении коммуникаций их инвентаризация, запись информации о состоянии трубопровода в периоды планового ремонта), то требуется собрать как можно больше информации за минимум времени. Особенно это важно для тех служб, которые заняты в коммунальном хозяйстве.

Именно на основе собранных данных принимаются решения о ремонте, реконструкции или разработке перспективного плана развития инженерной системы. Для этого требуется подробная информация о топографических характеристиках местности в зоне расположения сетей. В городах это особенно актуально в связи с тем, что инженерные сети достаточно сложны и часто пересекаются друг с другом, поэтому точные данные об их местоположении жизненно необходимы для эффективного принятия быстрых и правильных решений.

Доступ пользователей к пространственной информации, находящейся на Web сервере, может регулироваться настройками и установкой пароля.

Программное обеспечение, работающее на мобильном устройстве, позволяет сотрудникам эксплуатационной организации, находящимся в «поле», связаться с Веб-сервером и прямо с планшетного устройства или смартфона собирать, сохранять, обновлять и анализировать географическую и семантическую информацию о тепловых, паровых, водопроводных, канализационных, и газовых сетях.

Таким образом можно существенно повысить качество выполнения заданий, поддерживать актуальность пространственной информации, снизить затраты на поддержку ГИС, значительно сократить вероятность искажения информации, ускорить время принятия решений, выявить и исключить различные злоупотребления.

Мобильная ГИС - это геоинформационное приложение для мобильных устройств, предназначенное для доступа, обработки, анализа графической и семантической информации, позволяющее работать с данными непосредственно на местности.

Мобильная ГИС должна обладать достаточно простым интерфейсом, адаптированным под устройства с небольшими экранами, и ограниченным набором функций (в сравнении с настольными ГИС).

Мобильная ГИС должна разрабатываться в тесной связи с требованиями и потребностями пользователей.

Мобильная ГИС должна обеспечивать работу необходимого числа пользователей через Интернет. Передача данных должна быть минимизирована за счет использования механизма кэширования и продуманной технологии визуализации.

Для всех категорий пользователей от руководителя предприятия до мастера мобильная ГИС должна предоставлять свой объем информации, помогающий ему выполнить его функциональные обязанности.

Благодаря технологии мобильной ГИС, можно получить доступ к данным, находящимся в базе одной или нескольких организаций.

Например, с мобильной ГИС у всех сотрудников оперативных служб - МЧС, полиции, пожарных, коммунальных служб, всегда может быть доступ в реальном времени к данным предприятия тепловых, водопроводных и канализационных сетей. При этом они всегда будут уверены, что обладают самой полной и точной информацией, например, о расположении пожарных гидрантов в водопроводных колодцах, а потому лучше готовы к оперативному реагированию.

Когда пожарные или сотрудники МЧС выезжают на объект, для принятия правильных оперативных решений им жизненно необходимо

располагать точной и полной информацией о месте происшествия и окружающей его инфраструктуре. Именно поэтому мобильные ГИС так важны; время, выигранное за счет беспрепятственного доступа к любой имеющейся информации, помогает принять правильное решение.

Основными преимуществами внедрения мобильных ГИС в работу персонала эксплуатационных предприятий является:

- повышение производительности выполняемых работ за счет более удобного управления и хранения данных в цифровом виде;

- оперативное получение доступа к необходимой картографической информации;

- инвентаризация всех объектов инженерной сети с их геопространственной привязкой;

- получение оперативной информации о выполнении ремонтных работ;

- возможность загрузки инженерных сетей с привязкой к географическим координатам и кадастровому делению территории позволит определить принадлежность участков конкретным землепользователям, и правонарушения в этой области;

- определение и фиксация площади, на которой находятся тепловые, водопроводные и канализационные сети, подверженной подтоплению в весенний период и при наступлении сильных ливневых дождей;

- запись точек, позволяющая зафиксировать на электронной карте объекты загрязняющие местность, например, от выброса на поверхность канализационных стоков;

- привязку к координатному пространству фотографической информации о ремонтных работах на объектах теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения;

- формирование электронного архива технической документации и привязка его к объектам тепловой, водопроводной, канализационной и газовой сети;

- привязка к объектам и корректировка исполнительной документации;

- поддержка вложений – возможность прикрепить документ фото и видео материалы к пространственному объекту;

- оперативное реагирование на аварийные ситуации;

- контроль отключений;

- управление распределением воды и тепловой энергии;

- отслеживанием местоположения работников, занятых сбором данных;

- снижение стоимости обслуживания трубопровода, и уменьшение вреда, наносимого окружающей среде.

Одно из самых значимых преимуществ использования мобильных устройств - это возможность в натуре видеть, где располагаются объекты эксплуатируемой системы на местности. Информация, на сбор которой уходило много времени, теперь доступна и находится перед Вами. Любая информация, собранная ранее и находящаяся на Web-сервере, доступна Вам и может быть отображена на Вашем мобильном устройстве.

Эффект использования мобильных ГИС особенно ощутим, если устройство не только фиксирует координаты, но и принимает информацию с различных датчиков и измерительных приборов.

Выводы

В целом, все эти возможности, меняют принцип работы предприятия на более активный, что позволит, эффективно осуществлять эксплуатацию системы, разработать план её развития и совершенствования.

Компания разработчик мобильной ГИС предоставляет пользователям возможность и преимущества передовых технологий для решения их повседневных и стратегических задач.

Список литературы

1. <http://orientir-is.ru/index.php/cartography/4-gis>
2. https://politerm.com/media/articles/ugra-expo/ugra_expo%20_xv.pdf
3. <https://www.politerm.com/products/geo/zulugismobile/>
4. В.Я. Цветков Геоинформационные системы и технологии: М.: ФиС, 1998.- 368 с.
5. http://introgis.ru/services/sale/mobile_gis/

Saliev E. I., Zlobina A. D.

THE INTRODUCTION OF GIS "ZULU" IN THE ENTERPRISE OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Summary: This article discusses the advantages and disadvantages of the use of mobile devices to work with geographic information system Zulu.

Key words: Geographic Information System (GIS), engineering networks, mobile devices

Памятка для авторов

Рекомендации

по списку использованных источников и ссылки на них

Оформление списка и ссылок выполняется в соответствии с:

- ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание
- ГОСТ 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.
- ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов
- Регламент включения научных журналов в Российский индекс научного цитирования. М., 2008.

Общие положения

Цитирование двух или более источников под одним номером, одного и того же источника под разными номерами не допускается. Во всех источниках необходимо указывать фамилии и инициалы всех авторов. Ссылки на книги, переведенные на русский язык, должны сопровождаться ссылками на оригинальные издания с указанием выходных данных оригинального издания.

Ссылки на книги должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название книги, город, год, количество страниц.

Ссылки на статьи в журналах должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год, том (если указан), номер, страницы (первая и последняя, разделенные тире).

Ссылки на сборники (конференции, симпозиумы) должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название сборника (конференции, симпозиума), город (место проведения), год, том (если указан), номер (если указан), количество страниц.

Ссылки на статьи в сборниках (материалах конференций, симпозиумов) должны содержать следующую обязательную информацию: фамилия и инициалы авторов, название статьи, название сборника (конференции, симпозиума), город (место проведения), год, том (если указан), номер (если указан), страницы (первая и последняя, разделенные тире).

Ссылки на электронные ресурсы удаленного доступа должны содержать следующую обязательную информацию: название ресурса, режим доступа, дата обращения.

В инициалах авторов между именем и отчеством пробел не ставится. В заголовке описания запятая после фамилии автора перед его инициалами может быть опущена. Если в документе один, два или три автора, то в сведениях об ответственности (т.е. за косой чертой после названия документа) они могут не повторяться. При наличии четырех и более авторов в сведениях об ответственности (т.е. за косой чертой после названия документа) приводят фамилии всех авторов. Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой. Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованные не из предписанного источника информации.

Примеры основных правил оформления списка литературы.

Однотомная книга одного автора:

Глазунов В.А. Пространственные механизмы параллельной структуры. М.: Наука, 1991. 94 с.

Однотомная книга двух авторов:

Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов: учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.

Однотомная книга трех авторов:

Попов Е.В., Верецагин А.Ф., Зенкевич С.Л. Манипуляционные роботы. Динамика и алгоритмы. М.: Наука, 1978. 400 с.

Однотомная книга четырех и более авторов:

Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / В.К. Абалакин, Е.П. Аксенов, Е.А. Гребеников, В.Г. Демин, Ю.А. Рябов ; под ред. Г.Н. Дубошина. М.: Наука, 1976. 864 с.

Импульсные источники света / И.С. Маршак, А.С. Дойников, В.П. Жильцов, В.П. Кирсанов, Р.Е. Ровинский, Л.Н. Шукин, М.Г. Фейгенбаум; под общ. ред. И.С. Маршака. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1978. 472 с.

Переводная книга:

Себехей В. Теория орбит: ограниченная задача трех тел : пер. с англ. / под ред. Г.Н. Дубошина. М.: Наука, 1982. 656 с. [Victor G. Szebehely. Theory of Orbits: the Restricted Problem of Three Bodies. New York : Academic Press, 1967.].

Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных : пер. с англ. М.: Вильямс, 2006. 1328 с. [Date C.J. An Introduction to Database Systems. 8th ed. Addison-Wesley, 2003. 1024 p.].

Отдельный том многотомного издания:

Сварка и свариваемые материалы : справочник. В 3 т. Т. 1. Свариваемость материалов / ред. Э.Л. Макаров. М.: Металлургия, 1991. 258 с.

Глава из книги:

Глазырин Б.Э. Автоматизация выполнения отдельных операций в Word 2000 // Office 2000 : 5 кн. в 1 : самоучитель / Э. М. Берлинер, И. Б. Глазырина, Б. Э. Глазырин. 2-е изд., перераб. М., 2002. Гл. 14. С. 281-298.

Статья из многотомного издания

Кулаков В.А. Викторианский стиль // БРЭ. М., 2006. Т.5. С. 308 – 309.

Диссертация:

Пнев А.Б. Оптико-электронные измерительные системы на основе квазираспределенных волоконно-оптических брэгговских датчиков : дис. ... канд. техн. наук. М., 2008. 176 с.

Автореферат диссертации:

Вишняков И. В. Модели и методы оценки коммерческих банков в условиях неопределенности : автореф. дис. ... канд. экон. наук. М., 2002. 15 с.

Аналитический обзор:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья: аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. М.,: ИМЭМО, 2007. 39 с.

Депонированная научная работа

Алгоритм численного решения жестких дифференциальных уравнений / Ю.Ю. Громов, М.М. Деревуз, Н.А. Земской, О.Г. Иванова, Н.Г. Мосягина; Тамбовский государственный технический университет. Тамбов, 1999. 8 с. Деп. в ВИНТИ 04.03.1999, № 669-В1999.

Стандарт:

ГОСТ Р 517721 – 2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования. Введ. 2002-01-01. М. : Изд-во стандартов, 2001. 27 с.

Патент:

Чугаева В.И. Приемопередающее устройство : пат. 2187888 Российская Федерация. 2002. Бюл. № 23 (2 ч.). 3 с.

Описание составной части документа.

Статья из периодического издания (журнала):

Чайковский М.М., Ядыкин И.Б. Оптимальная настройка ПИД-регуляторов для многосвязных билинейных объектов управления // Автоматика и телемеханика. 2009. No.1. С. 130 - 146.

Звягин Ф.В. Об одном классе орбит в задачах трех и четырех тел // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2010. №2. С. 105—113.

Станкевич И.В., Яковлев М.Е., Си Ту Хтет. Разработка алгоритма контактного взаимодействия на основе альтернирующего метода // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2011. Спец. вып. Прикладная математика. С. 134 – 141.

Статья из сборника:

Двинянинова Г.С. Комплимент: Коммуникативный статус или стратегия в дискурсе // Социальная власть языка: сб. науч. тр. Воронеж, 2001. С. 42 – 49.

Орлик А.Г., Коберник Н.В. Получение износостойких антиабразивных покрытий // Труды МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2010. № 602 : Математическое моделирование сложных технических систем. С. 34-38.

Статья из продолжающегося издания.

Белова Г. Д. Некоторые вопросы уголовной ответственности за нарушение налогового законодательства // Актуал. проблемы прокурор. надзора. 2001. Вып. 5 : Прокурорский надзор за исполнением уголовного и уголовно-процессуального законодательства. Организация деятельности прокуратуры. С. 46-49.

Живописцев В. П., Пятосин Л.П. Комплексные соединения тория с диантипирилметаном // Учен. зап. / Перм. ун-т. 1970. № 207. С. 184-191.

Из материалов конференции:

Карпенко А.П., Селиверстов Е.Ю. Глобальная оптимизация методом роя частиц на графических процессорах // Всерос. суперкомпьютерная конференция «Научный сервис в сети Интернет: масштабируемость, параллельность, эффективность»: труды. М.: Изд-во МГУ, 2009. С.188-191.

Симонов А. Очистка сточных вод: проектирование технических устройств // 7-я региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (Волгоград, 12-15 мая 2002 г.) : тез. докл. Волгоград, 2002. С. 13-15.

Электронные ресурсы удаленного доступа:

Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Имитационное моделирование сложных динамических систем. Режим доступа: http://www.exponenta.ru/soft/others/mvs/ds_sim.asp (дата обращения 20.04.2012). Топтыгин И. Н. Математическое введение в курс общей физики: учеб. пособие для студентов. СПб.- 2000. Режим доступа: <ftp://ftp.unilib.neva.ru/dl/010.pdf> (дата обращения 20.04.2012).

Российская государственная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru> (дата обращения 01.05.2012).

Статья из электронного журнала:

Автор 1:

Шахтарин Б. И. Оценка действия гармонической помехи на фазовую автоподстройку // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 4. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/353914.html> (дата обращения 18.04.2012).

Авторов 2:

Каганов Ю.Т., Карпенко А.П. Математическое моделирование кинематики и динамики робота-манипулятора типа «хобот». 1. Математические модели секции манипулятора, как механизма параллельной кинематики типа «трипод» // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2009. № 10. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/133262.html> (дата обращения 20.04.2012).

Авторов 3:

Буренков В. С., Иванов С.Р., Савельев А.Я. Проблемы формальной верификации технических систем // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 4. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/373672.html> (дата обращения 18.04.2012).

Авторов больше 4-х:

Численное моделирование процесса калибровки осесимметричных деталей жидкой технологической средой / А.С. Софьин, А.В. Стрижков, Н.В. Ульвис, О.В. Зарубина, Р.В. Боярская // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 4. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/361706.html> (дата обращения 18.04.2012).

Статья, которой присвоен номер DOI:

Постникова Т.В. Анализ факторов, влияющих на построение цепи поставки с учетом ограничений логистической инфраструктуры // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 5. DOI: <http://dx.doi.org/10.7463/1994-0408.0512-351140.400544>

Strukov D.B., Snider G. S., Stewart D. R., Williams S. R. The missing memristor found // Nature. 2008. vol. 453. PP. 80-83. DOI: 10.1038/nature06932

Правила оформления статей в сборник «Строительство и техногенная безопасность»

Объем статьи, включая таблицы, рисунки и фотографии не должен превышать 10 страниц.

Шрифт. Нормальный Times New Roman (TNR), размер шрифта – 10 пт одинарный интервал; интервал шрифта – обычный (без растяжения или уплотнения). Варианты шрифта в тексте статьи: типа *курсива* или жирного шрифта *допускаются*, подчеркивание слов и предложений *не допускаются*.

Оформление статьи. Параметры страницы: верхнее – 2,5 см, нижнее – 2,5см, левое-2,5см, правое-2см. Оформление в две колонки: ширина колонки – 7,32 см, промежуток – 0,5 см.

Таблицы. Таблица озаглавляется словом Таблица 1 (шрифт – обычный TNR 10 пт, по центру) со следующим за ним номером с точкой. Далее помещается название таблицы с прописной буквы (не более 3-х строк), без заключительной точки. Размер таблиц и рисунков не должен превышать размер В5 (12,5 x 19,5 см). Шрифт заголовков столбцов и строк, содержания таблицы – обычный TNR 10 пунктов. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

Рисунки и графики. Рисунки и графики озаглавляются словом Рис.1 (шрифт – обычный TNR 10 пунктов) со следующим за ним номером с точкой. Рисунки выполняются в графических редакторах, совместимых с Word и размещаются по тексту. Под рисунком помещается подпись. Короткая подпись центрируется, а если длинная – форматируется с абзацем первой строки. Качество рисунков и графиков должно обеспечивать прочтение и тиражирование. Рисунки и графики нумеруются арабскими цифрами.

Формулы. Формулы набираются в редакторе формул Equation или Math Type. Использовать для набора формул графические объекты, кадры и таблицы *запрещается*. Формула располагается по центру строки, номер формулы (в круглых скобках, TNR 11 пт) – по правому краю страницы, от окружающего текста отделяется пустыми строками. Формульное окно принудительно растягивать или сжимать нельзя. Применение единиц измерений в международной системе СИ – *обязательно*.

Обязательный порядок статьи.

Название статьи шрифт TNR 12 пт все прописными.

Имя и фамилия автора(ов), шрифт обычный TNR 12 пт.

Место работы авторов, шрифт обычный TNR 9 пт., адрес места работы, e-mail

Аннотация статьи (Summary) от 100 до 200 слов, шрифт обычный TNR 9 пт.

Ключевые слова (Key words) до 6 слов, необходимых для поиска или классификатора, шрифт обычный TNR 9 пт.

Текстовая часть. Статья должна содержать такие разделы: введение; анализ публикаций, материалов, методов; цель и постановка задачи исследований; основной раздел с результатами и их анализом; выводы, список литературы. Заголовки разделов набираются строчными буквами, шрифт TNR 11 пт, центрируются.

Научное издание

CuTB №3(55) – 2016

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

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

Технический и художественный
редактор *Е. В. Мажарова* Вёрстка и
дизайн *В. А. Бибик*

Подписано к печати
27.06.2016 Формат 60x84/8
Усл. печ. л. 15,8
Тираж 50 экз.

Издательство «Антиква»

295000, Российская Федерация, Республика Крым, г.
Симферополь, пер. Героев Аджимушкая 6, оф. 3, тел.:
+79788913701 e-mail: antikva07@mail.ru

Типография ИП Гальцовой Н. А. Российская
Федерация, Республика Крым,
г. Симферополь, пгт. Аграрное, ул. Парковая 7, кв. 908