

Министерство образования и науки Украины  
Национальная академия природоохранного и курортного строительства

# **СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Сборник научных трудов

Выпуск 31

**БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА**

Збірник наукових праць  
Випуск 31

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

Симферополь  
«Национальная академия природоохранного  
и курортного строительства»  
2010

Збірник наукових праць  
«Будівництво та техногенна безпека»

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

Для наукових працівників, аспірантів та спеціалістів у галузі будівництва.

Редакційна колегія:

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

Затверджено до друку згідно протоколу засідання вченої ради НАПКБ № 8 від 08.04.2010 р.

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

©Национальная академия природоохранного та курортного будівництва, 2010

Сборник научных трудов  
«Строительство и техногенная безопасность»

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

Для научных работников, аспирантов и специалистов в области строительства.

Редакционная коллегия:

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

Утвержден к печати согласно протокола заседания ученого совета НАПКС № 8 от 08.04.2010 г.

Адрес редакции: 95006 г. Симферополь, ул. Павленко, 5, НАПКС, корпус 2, к 410,  
E-mail: [rio@ecopro.crimea.ua](mailto:rio@ecopro.crimea.ua).

© Национальная академия природоохранного и курортного строительства, 2010

## **Раздел 1. АРХИТЕКТУРА**

**УДК 725.8**

**Гадомская А.В., Танаков В.В.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Особенности формирования многофункциональных молодёжных центров в больших приморских городах**

*Описаны основные приемы и принципы проектирования молодежных центров в больших приморских городах, рассмотрены особенности таких центров. Рассмотрены их принципы размещения.*

**Молодежные центры, многофункциональные центры, центры проведения досуга**

На сегодняшний день при ускорении ритма жизни, дефицита живого человеческого общения, желания молодёжи получить большой спектр услуг, но за меньшее время, при возникновении экстремальных потребностей у молодёжи, многофункциональные центры (МФЦ) становятся всё более популярными. Но, к сожалению, в Украине архитектура в полной мере не удовлетворяет вышеперечисленные потребности. Проблемой оказывается разрозненность и узкая специализация молодёжных учреждений; их не комплексность особенно заметна в Крыму, как в туристическом регионе. Функциональные связи между разрозненными развлекательными учреждениями не развиты и архитектурно не проработаны. А в приморских городах проблема обостряется еще тем, что плохо организованны и не решены связи с морем[1].

Современная молодёжь сегодня другая, у неё появились экстремальные потребности. Досуг молодёжи существенно отличается от досуга других возрастных групп в силу его специфических духовных и физических потребностей и присущих ему социально психологических особенностей. К особенностям молодежи можно отнести повышенную эмоциональную и физическую подвижность,

социальную мобильность, динамическую смену настроений, зрительную и интеллектуальную восприимчивость, стремление познавать новое, неизвестное. Выделим наиболее привлекательные для молодежи формы развлечений: зрелища, легкая музыка, экстремальная музыка, танцы, игры, телепрограммы типа игры-зрелища, КВН. Сегодня основными формами организации молодежного досуга являются клубы по интересам, любительские объединения, дискотеки, молодежные кафе-клубы[2].

Развитие технологий обслуживания развлечений создает в этих учреждениях новые функции, множество разнообразных по своей функциональной сущности систем, способствует объединению их в одном пространстве, что позволяет сделать места массового отдыха молодежи более интересными и разнообразными. Строительство центров, предоставляющих разносторонний спектр услуг, увеличивается как в нашей стране, так и за рубежом. Они пользуются большой популярностью у посетителей. Да это и понятно, так как территория многофункционального центра включает в себя зоны, несущие разные функции, как развлечений, так и культурной направленности. Здесь могут реализовать свои предпочтения разносторонние личности[4].

Главным потребителем развлекательных услуг в настоящее время является современная молодежь, студенты имеющие самое большое количество свободного времени, не будучи занятыми в производительном труде. И имеют средства необходимые для такого образа жизни, поскольку основная масса современной студенческой молодежи, особенно дневной формы обучения, имеет достаточно обеспеченных родителей. Либо работает как раз ради денег, которые тратит на развлечения, общения, хобби, занятия в спортивных кружках и секциях. По данным социологического опроса, только 30% молодых людей (в возрасте от 16-28 лет) предпочитают проводить свободное время дома, а остальные 70% посвящают это время занятиям в различных кружках, общению с друзьями, посещению спортивных учреждений, баров, ресторанов, концертов, кинотеатров и др.

К сожалению в Украине многофункциональные центры представлены только торгово-развлекательными центрами, реже торгово- спортивно- развлекательными. А комплексных молодежных многофункциональных центров, где бы могли реализовать свои предпочтения разносторонние личности попросту не существует.

Проанализировав мировой опыт проектирования многофункциональных молодежных центров приходим к выводу, что молодежные центры по назначению можно разделить на центры, специализирующиеся только на приезжих, и на комплексные центры, специализирующиеся как на местную молодёжь, так и на приезжую. Первый вид центров включают в свой состав гостиницы, отели. А в многофункциональных центрах смешанного типа плюс к развлекательным функциям предлагают большое количество клубных и кружковых помещений разнообразной направленности. В приморских городах функции МФЦ расширяются. К стандартному набору добавляются: аквапарки, аэрации, дельфинарии, причалы для прогулочных катеров, катание на катамаранах, водных лыжах, аквариумы, океанариумы, яхт-клубы, дайвинг центры. Появляются специфические кружки: секция пляжного волейбола, кружок морского дела, кружок изучения географии морского дна, секция спасателей[5].

Размещать многофункциональные молодежные центры можно как в центральных районах так и на периферии. В курортных городах можно разместить и в отдельных курортных районах. В приморских городах такими районами служат острова и полуострова (например МФЦ в «Парке развлечений» в Японском городе-курорте Йюгама). Намети́лась тенденция в вынесении учреждений культуры и развлечений в акваторию моря[3].

Рассмотрев и проанализировав мировой опыт (рис1, рис2, рис3) практики проектирования многофункциональных молодежных центров и изучив потребности молодежи, можно дать следующие рекомендации к проектированию.

В зависимости от назначения многофункционального молодежного центра, а именно является ли этот центр для проведения досуга в большей части приезжей молодёжи или рассчитан еще и на местное население, основные функциональные блоки помещений желательно разделять.

В молодежных центрах сезонного значения логичнее проектировать помещения проживания (отели, гостиницы), причем количество номеров должно быть достаточно большим, обеспечивая тем самым большое число отдыхающих в данном центре. В центре ориентированном в основном на местное население, гостинец может и не быть, либо количество номеров будет значительно меньше. Так

как данные номера будут рассчитаны на короткое время пребывания 1-2 дня.

Помещений, ориентированных на развлечения, должно быть в большем количестве в центрах рассчитанных на приезжих, что бы удержать их на более продолжительное время. К таким помещениям можно отнести аквапарки, катки, боулинги, бильярды, помещения с игровыми автоматами, казино и другие. В состав многофункциональных молодёжных центров, рассчитанных ,в том числе, и на местное население, надо включать клубные и кружковые помещения.

При развитии экстремальных потребностей у молодежи в центре должны присутствовать спортивная группа помещений. Эта группа помещений может быть представлена бассейнами, вышками для прыжков в воду, скалодромами, роллдромами, помещениями для занятий серфингом, трассами для лыж и другими помещениями.

Предприятия питания должны присутствовать при каждой функциональной группе помещений и быть представлены: барами, кафе, фаст-фудами, ресторанами быстрого питания.

Универсальные концертные залы могут присутствовать в центрах, ориентированных на приезжих, а многозальные кинотеатры-это в основном составляющая молодёжных центров, рассчитанных на местную публику. Для удовлетворения потребностей молодёжи в экстремальной музыке должны быть сделаны специальные залы.

Дискотечные помещения надо разбивать на несколько залов, а каждый зал представлять своим типом музыки или своей тематикой ( например в Праге дискотека расположена на трех этажах. Первый этаж представлен музыкой в стиле 80-х, второй этаж- популярной современной музыкой, третий джазом.

На территории многофункционального молодёжного центра должны присутствовать: площадки для отдыха, парковая зона, спортивные площадки.

В связи с интенсификацией функций ухудшиться экологическое состояние окружающей среды. Поэтому архитектура многофункционального молодёжного центра должна быть как можно более экологичной и биопозитивной. В состав центра нужно включать большое количество озеленения, озеленяемые прогулочные кровли, биопозитивные подпорные стены и зимние сады[4].

В приморских городах у многофункциональных молодёжных центров должна быть морская специфика. Следует организовывать пляжи, солярии, самые разнообразные водные аттракционы. Созда-

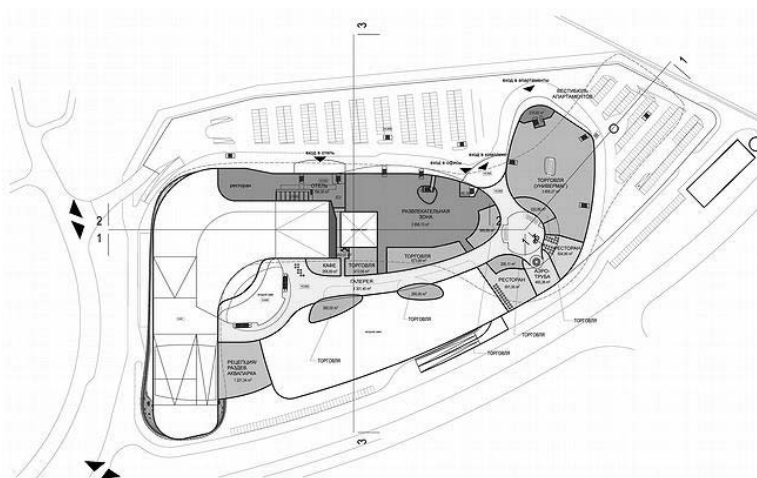
вать причалы как для прогулочных и экскурсионных катеров, так и для круизных кораблей. Для создания более интересной и привлекательной для туристов архитектуры, а также в условиях уменьшения свободных земель молодежные центры частично или полностью рекомендуется выносить в акваторию моря.



**Рис 1. Серфинг центр Англия (Лондон)**



**Рис 2. Многофункциональный центр «Фристайл» (Москва) перспектива**



**Рис 3. Многофункциональный центр «Фристаил-парк» (Москва) план**



### **Вывод:**

Проблема архитектурной организации досуга молодежи, как поколения, ответственного за будущее, на сегодняшний день стоит очень остро. Все современные центры в Украине не комплексны. Многофункциональные молодежные центры являются актуальными и востребованными так, как помогают разрешить множество архитектурных проблем.

### **Литература**

1. Гайкова Л.В. Крупные многофункциональные общественные центры как объект системного проектирования / Строительство.- 2002.- Сентябрь:- с. 110-117.
2. Еханина Е. Г Принципы модернизации функционально-пространственной структуры клубных зданий. Дис. канд. арх. М. 1990
3. Коробьина И. Преобразование объектов культуры / Архитектура СССР.-1990.- Сентябрь. - с. 68-73.
4. <http://architektonika.ru/> (Абдуллаев Т.Н. Современные направления развития многофункциональных сооружений)
5. <http://archvuz.ru> (статья Валиахметова Л.З. Молодёжные досуговые центры. История развития)

Сафонов А.А., д. арх., профессор, Сильченко Е.И., инженер

## **О формировании пригородных зон городов Крыма на примере г. Симферополя**

*Проведен анализ развития пригородной зоны г. Симферополя путем анализа размещения садово-огородных и дачных кооперативов и их эволюции в период перестройки.*

**Пригородная зона, садово-огородные, дачные кооперативы, жилые образования, экология, жилая среда**

Наличие на территориях селитебных районов различных заповедных и охранных зон, которые находятся в ведении местных советов и конкретно ни за кем не закреплены или закреплены за организациями, которые не имеют ни средств, ни материальных ресурсов для благоустройства и содержания этих территорий. Например, участок верхнего плато первой горной гряды Крымских гор, от заповедной зоны «Неаполя Скифского» до села Чистенькое превращен жителями города в несанкционированную свалку мусора. Захламлена прибрежная зона Симферопольского водохранилища. Территории пригорода при въезде в город по Николаевской трассе и др. Не всегда эффективно используются земли дачных и садово-огородных кооперативов.

Формирование пригородных зон в крупных поселениях бывшего СССР начато в восьмидесятих годах прошлого века. Создавались дачные поселки и садово-огородные товарищества первоначально на всевозможных неудобьях (овраги, каменистые плато, отработанные и не рекультивированные карьеры и т.п.), в начале перестройки для этих целей стали использовать земли сельскохозяйственного назначения (пос. Давидовка расположен на месте виноградника, пос. Молодежное - частично на месте сада, пос. Аграрное - на пахотных землях и т.д.)

Активное участие горожан в этих процессах в то время объясняется несколькими причинами: желанием улучшить жилищные условия за счет строительства недорогого загородного дома; про-

довольственные проблемы также вынуждали людей доступными способами участвовать в решении этих задач. Возможно, не всегда осознанными были центробежные устремления, которые скорее воспринимались населением интуитивно, но играли немаловажную роль в этих процессах. Речь идет о дефиците двигательной активности горожан и устойчивом экологическом дискомфорте городской среды [1].

Количество полезной площади, приходящейся на одного жителя в поселениях Крыма, колеблется от 16 до 20 кв. м на человека. В большинстве развитых стран этот показатель в полтора-два раза выше. Дело не только в количестве, но и в качестве жилого фонда. В бывшем СССР к началу перестройки около 70 % жилья располагалось в многоквартирных домах [2]. В США в таких домах было лишь 16 % жилой площади, остальные 84 % составляли многоквартирные усадебные дома. Причем львиная доля этих построек являлась частной собственностью граждан. Располагается эта застройка в урбанизированных районах, преимущественно в пригородных зонах, которые формируются вдоль границ центральных городов в виде полосы шириной от 4,8 до 8 км. Влияние городских властей на этой территории ограничено. Связано это с хозяйственной деятельностью горожан в пределах усадьбы. Чрезмерная регламентация этой деятельности сковывает инициативу предпринимателей и препятствует эффективности товаропроизводства [3].

Исторический крымский опыт показывает, что жесткое паевание усадебных участков не целесообразно. Греческие колонисты, прибывавшие на крымскую землю во II – IV вв. до н.э., при обустройстве своих поселений следовали основному постулату своей демократии «все граждане равны». Городские территории и площади сельскохозяйственной хоры они разбивали на равные участки, каждый свободный гражданин получал такой участок. Но уже в IV в. н.э. участки начинают дробиться в результате сокращения земельных наделов у одних и увеличения у других.

Частнособственнические устремления и их возможности прогнозировать невозможно, очевидно этим и объясняется ограничение влияния городских властей на деятельность жителей пригородных территорий в урбанизированных районах США.

С началом перестройки ситуация существенно изменилась. В последнее предперестроечное десятилетие жилой фонд в крупных городах Крыма возрос примерно на треть, численность же населе-

ния не достигла предполагаемой цифры (в Симферополе - 380 тыс. чел.), она даже сократилась в ряде городов Крыма. Загородное жилье для большей части населения стало недоступным, спрос на среднестатистическое (нормативное жильё) упал. Произошло расслоение населения на три отчетливо выраженные группы. Лица без определенного места жительства - «бомжи», которые, как правило, постоянного жилья не имеют. Вторую часть населения можно назвать формирующимся средним классом, она весьма неоднородна и по доходам и по запросам к жилищу. Горожане этой группы используют в основном сформированный в советское время жилой фонд с незначительными его корректировками.

Третья группа состоятельных горожан, небольшая по своей численности, проживает или в особняках или в домах с индивидуальной планировкой фирмы «Консоль», «Профессионал» и т.п.

Хотя расслоение общества на три вышеназванные группы произошло, что подтверждается специальными исследованиями [4], однако на формировании пригородной зоны отчетливо выраженного размежевания не просматривается.

Наиболее перспективными из создававшихся в начале перестройки в Симферополе были кооперативы в районе Слободы, пос. Фонтаны, Молодежное, Давидовка и т.п. Они примыкали непосредственно к границам города и располагались у транзитных магистралей.

По ныне действующему генплану эти кооперативы получили статус городских жилых образований, а следовательно, и право на формирование социальной инфраструктуры и всех систем инженерного благоустройства. На этих территориях фактически нет неосвоенных участков, практически на всех участках имеются жилые постройки. Состав жителей по материальному положению неоднороден, но в целом здесь сконцентрирована наиболее обеспеченная часть населения.

Большую часть пригородной зоны составляют кооперативы, отстоящие от городской черты не более, чем 10 км. Это кооперативы, расположенные у ялтинской, севастопольской, николаевской и евпаторийской магистралей возле поселков Аграрное, Живописное, Каменка и др. Они, как правило, не имеют благоустроенных внутренних проездов и подъездов, общественный транспорт или отсутствует или перегружен. Социальная инфраструктура фактически отсутствует, из инженерного благоустройства обычно осуществляется подача электроэнергии по временной схеме, и имеется летний

водопровод для периодической подачи воды. Анализируя обустроенность участков этих массивов, можно констатировать, что и здесь присутствуют горожане с радикально отличающимся уровнем достатка. Имеются и обрабатываемые участки с примитивными сооружениями для хранения инвентаря, и добротные дома с полным благоустройством, оснащенные автономными системами жизнеобеспечения. Комфортабельные постройки в этих массивах все же исключение. Средний уровень обеспеченности контингента этих кооперативов явно ниже, чем у горожан вышеперечисленных жилых образований. В первые годы перестройки и здесь участки достаточно активно обустраивались, но в последние 5-8 лет эти процессы затихли, и их состояние почти не менялось.

Натурные обследования кооператива «Аграрник» показали, что значительная часть участков регулярно не обрабатывается. Имеются участки: не огражденные, и на них отсутствуют постройки для хранения садово-огородного инвентаря – 10 % от общего количества; частично или полностью огражденные, имеются постройки для садово-огородного инвентаря, емкости для воды, контейнеры и т.п. – 30 % от общего количества; ограждены полностью или частично, начато строительство садовых домиков, но не завершено, либо строительство не ведется – 40 % от общего количества; ограждены, и садовые домики периодически или постоянно обитаемы – около 20% от общего количества.

### **Выводы:**

1. Формирование пригородных зон было начато в восьмидесятых годах прошлого века путем создания садово-огородных и дачных кооперативов.

2. Активное участие горожан в создании этих зон было продиктовано желанием: увеличить жилую площадь за счет строительства недорогого загородного дома; восполнить дефицит двигательной активности; вырастить овощи и фрукты на своем участке и за счет этого пополнить семейный бюджет; проводить свободное время в экологически благоприятной среде, поскольку дискомфорт городской среды к началу перестройки стал тотальным.

3. Наиболее высокая активность формирования пригородных зон наблюдалась в первые годы перестройки. Кооперативы, территории которых примыкали непосредственно к границам города, в настоящее время обустроены и зачастую включены в границу

городской черты. Удаленные кооперативы развиваются медленно по причинам плохой дорожной сети, недостаточной обеспеченности общественным транспортом, отсутствия социальной инфраструктуры и инженерного благоустройства, несовершенства нормативно-правовой базы.

4. Необходимо стимулировать формирование пригородных жилых зон. Строительство загородных жилых домов будет способствовать сплочению семейных кланов и совершенствованию морально-этического климата в семье и обществе. Усадебная застройка будет способствовать созданию частной предпринимательской деятельности. При этом пригородная зона будет не только местом отдыха горожан, но и местом приложения труда для значительной части населения.

### **Литература:**

1. Белоусов В.Н. Город и здоровье населения, проблемы и решения. Архитектурная наука в МарХИ. Вып. 3. – М.: Издательство «Ладья», 1994. – С. 84.
2. Родин Ю.М. Жилищное строительство в СССР. – М.: Издательство «Знание», 1970. – С. 7.
3. Корионов В. Соединенные штаты Америки кА они есть. – М.: Издательство политической литературы, 1974. – С. 51-54.
4. Ромашевская Н.М. Семья и социальные трансформации. – В сб. Н.Д. Кондратьева, Динамика общества на рубеже третьего тысячелетия. Материалы ко II Международной Кондратьевской конференции. – М.: 1995. – С. 339.

Сафонов А. А., д. арх., профессор

## **О формах и системах расселения, землепользовании и комфортности жилой среды**

*Вся культура может быть истолкована  
как деятельность по организации пространства*

Павел Флоренский

*Анализируются пути реорганизации форм и систем расселения в СССР и зарубежных странах в XX в. в связи с научно-технической революцией. Показано, как менялись сферы занятости населения и комфортность среды жизнедеятельности во вновь созданных и реорганизованных поселениях.*

**Система расселения, сферы занятости, комфортность, среда жизнедеятельности.**

Городская и сельская форма расселения возникли, по мнению классиков марксизма, при первом разделении труда. Горожан они обрекли на физическую деградацию и порабощение своим ремеслом, селян лишили питательной среды для интеллектуального совершенствования. Под системой расселения принято понимать сеть поселений, расположенных в границах определенной территории общегосударственных, локальных (региональных, районных, внутрихозяйственных и т.п.). Для Российской империи характерной была мелкодисперсная система расселения, которая состояла из мелких деревень и хуторов. В этих поселениях проживало в начале XX века 83% населения империи. По мнению В. И. Ленина, эта система сформировалась стихийно, отличается оторванностью и дикостью деревенской жизни и ее реформирование – историческая неизбежность [1]. Реорганизация форм и систем расселения началась едва ли не с первых лет советской власти. С 1918 г. В СССР наблюдается бурный рост городов и поселков городского типа за счет сселения хуторов и мелких деревень и миграции их жителей в ука-

занные поселения, численность которых возросла к 1975 году в десять раз. Удельный вес сельских жителей в общей численности населения страны составил 39% [2]. С конца 50-х годов прошлого века эти работы велись планомерно в три этапа. На первом этапе производился снос «неперспективных» мелких поселений и строительство «экспериментально-показательных» поселков. На втором – предполагалось стирание четкой грани между небольшими городами и селом и на третьем – завершение окончательного стирания различий между городом и деревней в характере труда, быта и отдыха населения. Эти работы предполагалось завершить к началу третьего тысячелетия, доля сельского населения должна была составить 27% от общего числа населения [3]. При этом не удалось решить важнейшей проблемы, не был ликвидирован хронический дефицит продуктов питания, который возник едва ли не с первых дней советской власти. Ухудшилась комфортность городской среды, более того – антикомфортные условия возникли и в крупных сельских поселениях. По обследованиям ЦНИИЭП градостроительства, проводившимся в 80-х годах прошлого века, лишь около 14% населения страны проживали в относительно экологически благоприятных условиях [4].

Ряд авторов не без оснований считают основной причиной продуктового дефицита, дискомфорта жилой среды и экологической нестабильности реформированную систему расселения и землепользования. Выдвигаются различные варианты ее дальнейшей реорганизации. В частности, крымские ученые В. Боков и Н.Сахнова предлагают рассредоточить население крупных городов по небольшим поселениям агропромышленного профиля, использовать в них ленточную планировку вдоль транспортных артерий. Сельскохозяйственные угодья располагать непосредственно у границ поселений, чтобы максимально приблизить места приложения труда работников этой сферы к жилищу. Авторы считают, что предлагаемая система оздоровит аграрный сектор, устранит дискомфорт жилой среды, стабилизирует экологическую ситуацию [5]. Эта идея не является принципиально новой, предлагались и раньше альтернативные варианты усовершенствования систем и форм расселения. Например, такие проекты, как «Город-сад» Э. Говарда (1998), «промышленный город» на 30 тыс. жителей Т. Гарнье (1903), «новый город Немур» на 35 – 50 тыс. жителей Ле Корбюзье и П. Жеппере (1934), «Динаполис» К. Доксидиса (1960г.) и многие



другие. Однако ни один из подобных проектов не был реализован в предложенном варианте. К началу 90-х годов прошлого века в цивилизованных странах зарубежья в сельскохозяйственном секторе было задействовано не более 10% населения. Для обеспечения экологической стабильности удельный вес распаханых площадей не превышал 50% сельскохозяйственных угодий: в европейских странах этот показатель колеблется в диапазоне 25 – 30%.

В США с 1950 по 1970 гг. количество сельхозугодий сократилось на 11%, но производство сельхозпродукции возросло на 40%. Производительность труда сельскохозяйственного рабочего за этот период выросла в восемь раз. Стремительно реформировались и формы расселения, в 1920 г. более половины населения страны проживало в сельской местности, к 1970 г. селян осталось меньше 5% [6].

Уже в 60-х годах производительность труда американского фермера на порядок превышала аналогичный показатель советского колхозника. В США к началу третьего тысячелетия в сельском хозяйстве задействовано около полутора процентов населения. Они обеспечивают внутренние потребности, и примерно половина произведенной продукции экспортируется. Такое состояние В. И. Староверов объясняет тем, что: «... в промышленности США работают миллионы людей, обслуживающих фермеров, которые у нас считаются занятыми в сельском хозяйстве» [7].

В СССР к этому времени сельским хозяйством было занято около 40% населения, в сезонных работах стабильно участвовали горожане. Были распаханы огромные массивы целинных и залежных земель. В частности, в Крыму в связи со строительством Северо-крымского канала под пашней оказалось около 70% сельхозугодий. Несмотря на эти различия, в стране существовал хронический дефицит основных продуктов питания. Причина этих различий, прежде всего, в квалификации работников. По мере совершенствования технологий и прихода техники на поля сокращалась численность сельскохозяйственных работников. В результате конкурентной борьбы право остаться на земле получили лучшие. Зарубежный фермер пользуется особой опекой государства, поскольку отрасль стратегически приоритетна, наименее рентабельна и наиболее уязвима природными катаклизмами. Фермерское хозяйство в принципе остаётся семейным делом. Вспомним, что при отмене крепостного права в России крестьянам разрешалось выкупать не более 12 десятин пахотной земли, «дабы не плодить мироедов», т.е. чтобы кре-

стьяне не использовали наёмный труд. В связи с переходом от ручного труда к машинному производительность возросла на порядок, поэтому, как правило, площади пашни у фермеров превышают этот показатель, но наёмные работники используются крайне редко.

У нас произошло обратное: раскулачиванием были отлучены от земли лучшие представители крестьянства. С первых лет советской власти сельскохозяйственная отрасль стала наименее привлекательной, поскольку государство, по мнению академика В. Тихонова [8], из этой отрасли брало и ничего в нее не вкладывало. В хрущевские времена, когда селянам были выданы паспорта, молодые и наиболее грамотные из них предпочли переселиться в город. Это была вторая волна вымывания квалифицированных кадров из села.

Снос исторических поселений и строительство новых, исходя из функциональности, целесообразности и экономической эффективности, глобальное изменение системы землепользования в результате искусственного орошения, осушения болот, вырубки и раскорчевки лесных массивов и т.п. Показательна реорганизация системы и форм расселения в Сасовском районе Рязанской области, рис. В 1958 г. В районе было 152 поселения и 44 коллективных хозяйства, в 1973г. осталось 42 поселения и 12 хозяйств. При этом количество бригадных участков сократилось на 40%, т.е. значительная часть сельскохозяйственных угодий оказалась заброшенной [9]. Стремительная реорганизация исторически сложившейся системы расселения выявила целый ряд негативных последствий. Местоположение поселений, исторически сформировавшейся системы расселения эмпирически найдены с наиболее комфортным микроклиматом, равно как и сельскохозяйственные угодья, эффективность их использования также была проверена многовековым опытом [10]. В результате преобразований нарушена экологически безопасная и стабильная система природопользования. Сформировалась дискомфортная жилая среда в подавляющем большинстве поселений. За рубежом месторасположение сельскохозяйственных поселений и сельскохозяйственных угодий в основном сохранилось. Сократилась лишь численность населения в этих поселениях, поскольку там преобладают фермерские хозяйства. Построены современные автомагистрали, связывающие хутора с сельскохозяйственными угодьями и крупными поселениями, на рынок которых ориентируется продукция. Фермерские хозяйства, как правило, многопро-

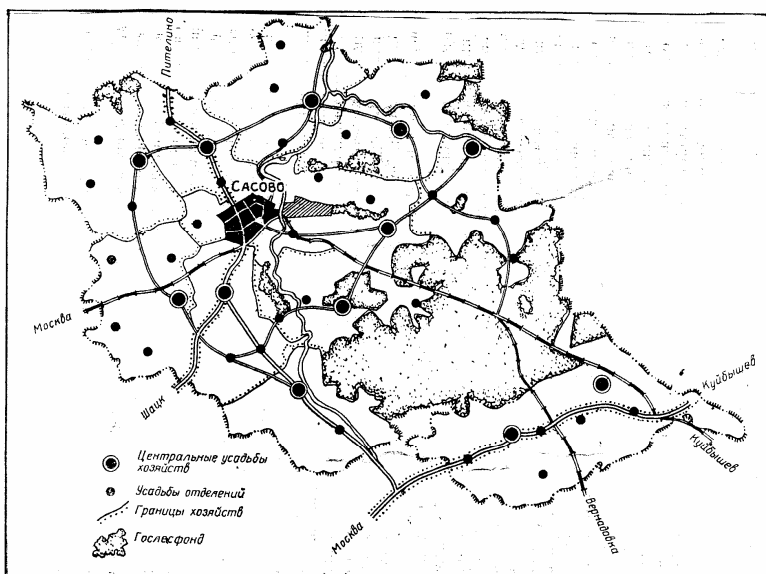
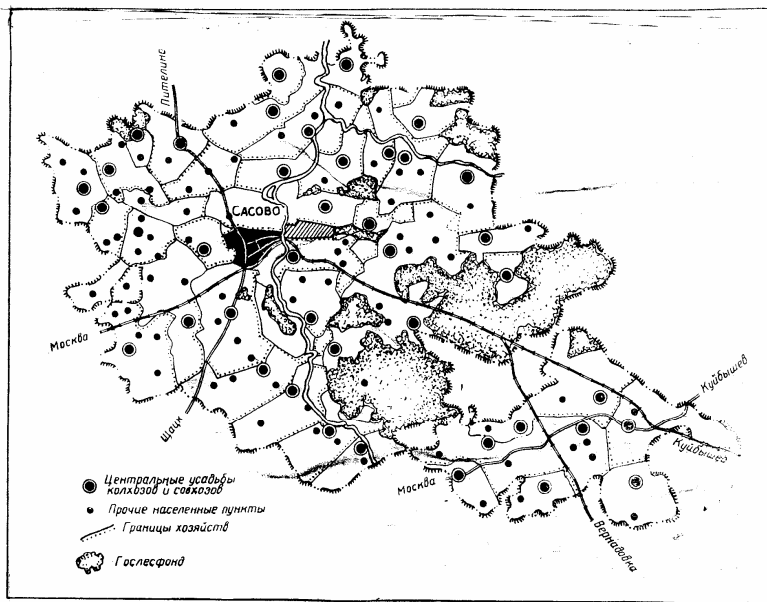


Рис. Схема районной планировки Сасовского района Рязанской области до и после реорганизации системы расселения

фильны. Исторически каждое селение имело свои пашню, луга, пастбища и т. д., фермеры стараются сохранить сложившуюся систему землепользования. Многопрофильное хозяйство менее уязвимо в случае потери урожая или падежа животных или птиц. Кроме того, в таком хозяйстве обеспечивается равномерная занятость работников. Фермеры обычно лишь выращивают и собирают урожай. Транспортировкой, первичной переработкой, хранением, перепродажной обработкой и реализацией продукции занимаются городские специализированные малые предприятия.

Реформирование форм и систем расселения носило глобальный характер, через него прошли все цивилизованные страны. Шли эти процессы разными путями и имеют свои результаты. Идеологическая зашоренность мешает нам объективно проанализировать пути этих преобразований и по достоинству оценить результаты. Причем это касается не, только отечественных специалистов. Некоторые зарубежные градостроители считали, что жесткая регламентация в застройке городов необходима, и она стала возможна лишь в условиях социалистического государства. В частности, в США Х. Бортоломью [11]: «если в традиционном смысле город представляет собой урбанизированный центр расселения, то в современных условиях городской образ жизни существует в небольших городах (малых городах, поселках) в такой же мере, как и в крупных метрополиях. И если ранее планировка формировалась эмпирически на основе обычаев и традиций, то на новом этапе законы об охране общественного здоровья были нашими первыми попытками установить минимальные нормы для использования территорий наших городов. Однако несовершенство законов и не всегда последовательное их исполнение вели к нерациональному использованию территорий». Х. Бортоломью считает: «...если бы территория Нью-Йорка в его административных границах была фактически использована в соответствии с правилами зонирования, то на ней можно было бы расселить 77 млн. человек». В своем труде Х. Бортоломью манипулирует понятиями: «метрополия» – город с численностью населения более 50 тыс. человек, «город – саттелит» – малый город, тяготеющий к метрополии, связанный с ней функционально и «урабанизационный район» – это пригородная зона, границы которой отстоят от черты центрального города на 4,8 – 8 км., жизни на этой территории частично управляется муниципальными властями.

### Выводы:

1. В результате реформирования исторически сложившейся системы расселения в бывшем СССР во второй половине XX в. нарушена эмпирически найденная и устойчиво функционировавшая система землеустройства и в целом природопользования.

2. Укрупнение поселений сельскохозяйственного профиля не эффективно по причине низкой квалификации работников, отсталой техники и плохих дорог. Отрасль остается мало привлекательной в настоящее время и требует дальнейшего реформирования.

3. Концентрация производственных объектов и населения в крупных поселениях с высокой плотностью застройки сформировали дискомфортную среду для жизнедеятельности обитателей этих поселений.

### Литература

1. Ленин В.И. Полное собрание сочинений. – М.: Издательство политической литературы, 1972, т. 55. – С. 47 – 48.

2. Основные направления перспективного развития сельских населенных мест. – М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1970. – С. 6.

3. Родин Ю. М. Жилищное строительство в СССР. – М.: Изд. Знание, 1970. – С.7.

4. Белоусов В.Н. Город и здоровье населения.// Архитектурная наука Мар.ХИ. Информационный вып. 3. – М.: Издательство «Ладья», 1990. – С.84-87.

5. Боков В., Сахнова Н. Экополисы – будущее городов Крыма. // Бизнесинформ, №4. 1998. – С. 5 – 9.

6. Корионов В. Соединенные Штаты Америки, как они есть. – М.: Издательство политической литературы, 1974. – С. 51 – 54.

7. Староверов В. И. Город или деревня. – М.: Политиздат, 1972. – С.85.

8.Тихонов В. Чтобы народ прокормил себя. // «Литературная газета», №3. 1988. – С.3.

9. Практика планировки и застройки сельских населенных мест. Всесоюзное совещание по градостроительству. – М.: Госстройиздат, 1960. – С.52.

10. Глазычев В. Л., Егоров М. М., Ильин Т.Н. и др. Городская среда, технология развития: Настольная книга. – М.: Издательство «Ладья», 1995. – С.232.

11. Бартоломью Х. Использование территории в американских городах. – М.: Госстройиздат, 1959. – С. 11.

**Сидорова В.В., аспирант**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Проблемы планировочной организации прибрежных территорий в условиях реконструкции курортов южного берега Крыма**

*В статье рассматриваются материалы по проблеме планировочной организации прибрежных территорий курортов, анализируется существующее состояние, выявлена проблема прибрежных территорий курортов ЮБК.*

**Ключевые слова:** прибрежные территории, курорты, набережная, зонирование, функциональная организация.

**Цель и постановка задачи исследования.** В статье была поставлена цель: выявить основные проблемы планировочной организации прибрежных территорий курортов ЮБК.

Задачи исследования:

1. Провести анализ существующего состояния прибрежных территорий курортов ЮБК;
2. Выявить современные проблемы планировочной организации прибрежных территорий ЮБК.

**Методика исследования.** Методика исследования заключается в исследовании проблемы и формирования прибрежных территорий, анализе существующего положения функционально - планировочной организации прибрежных территорий курортов, анализе материалов научных исследований, анализе публикаций.

**Результаты и их анализ.** Размеры приморских территорий Крыма весьма незначительны- 2-3% от площади Украины. Протяжённость береговой полосы ЮБК – 110 км. По природным условиям ЮБК относятся к территориям с горным рельефом. Глубина освоения территории до 5 км. Основными функциями прибрежной зоны ЮБК являются - рекреационная и лечебно-оздоровительная функции, связанные с наличием уникальных природных ресурсов. Освоение и развитие прибрежной зоны должно быть неразрывно

связано с сохранением и восстановлением природного рекреационного потенциала, местами разрушенного в результате нерационального использования. Развивать пляжный и оздоровительный туризм необходимо для экономики Украины.

Процесс освоения прибрежных территорий осложняется следующими факторами: крутой рельеф, сейсмичность, ограниченные территории пляжей, подтопления, крайне ограниченные ресурсы питьевой воды, оползневые явления, неудовлетворительное состояние инженерных сетей и берегозащитных сооружений. Согласно международной статистике 80% современных оползней связаны с деятельностью человека. Только в западной части южного берега Крыма насчитывается свыше 430 очагов оползней. К сожалению, они поражают состоящие из мелкозёма относительно пологие (12-14<sup>0</sup>) склоны, которые являются лучшими для освоения в Крыму.

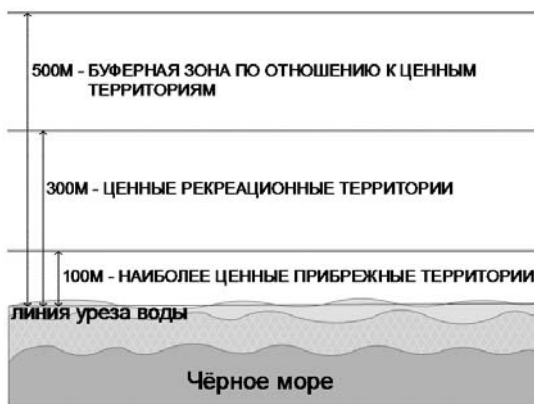
За последние годы количество проявлений опасных экзогенных геологических процессов (оползневые объекты, карстовые провальные формы, подтопленные территории и др.) увеличилось в 3 – 5 раз. Чтобы сохранить береговые линии водных объектов в первоначальных границах и свести к минимуму экологические и техногенные риски при освоении прибрежных территорий, необходимо развивать эффективную систему берегоукрепления.

Особенно важно применять биопозитивные берегоукрепительные сооружения: буны, волноотбойные стены, причалы, молы, искусственные рифы и водоросли, устройства для выращивания морепродуктов.

Следует уделить внимание крупной проблеме прибрежных территорий – формированию инженерных сетей. Как известно, в составе генерального плана разрабатываются инженерная геология и инженерные сети. На сегодняшний день почти все инженерные сети пришли в негодность.

Итак, за последние годы для южного берега Крыма характерно запущенное состояние прибрежных территорий, низкий уровень комфортности и обслуживания, ухудшение экологического состояния. Современные курортные города, сёла, посёлки южного берега Крыма нуждаются в реконструкции и усовершенствовании по многим признакам. Главной градообразующей доминантой для них является набережная, формирующая единый морской фасад. Именно она является центром притяжения для отдыхающих. В городах-курортах набережная наделена ещё и дополнительными функциями.

ми центра курорта. Особое внимание требуют к себе набережные курортных посёлков и сёл. Они не должны значительно отличаться от набережных городов, так как сёла и посёлки в конечном итоге разрастаются и преобразовываются в курортные города. Вот почему так важно изначально при формировании набережных закладывать комфортные условия для горожан и отдыхающих, позволяющие дальнейшее развитие. В условиях реконструкции южного берега Крыма в среднем ширина набережной не должна быть менее 30 (тридцати) метров в поперечнике, что обусловлено концепцией развития набережных Большой Алушты. В местах, где уже сформировалась застройка этой зоны, её необходимо сносить, что позволит расширение территории для создания полноценной набережной. В условиях сложного рельефа, возможно создание многоуровневых набережных. Для ЮБК также целесообразно обеспечить транзитный проход вдоль всех приморских набережных, где это позволяет ландшафт.



**Рис. 1. Схема природоохранных зон прибрежных территорий**

На южном берегу Крыма при медицинском зонировании прибрежных и горных территорий выделяются следующие вертикальные зоны:

приморская – до 300 м над уровнем моря, разделённая в свою очередь на прибрежную (до 100-150 м над уровнем моря) и предгорную полосу (до 300 м);



среднегорная -300-700 м над уровнем моря, покрытая сосновыми лесами с более низкой температурой воздуха, чем в приморской зоне во все времена года;

горная зона – выше 700 м над уровнем моря, изобилующая сосновыми лесами с ещё более низкими температурами воздуха [1].

Порядок назначения природоохранных зон прибрежной территории определяется планировочными границами территорий (рис.1): 100 м от уреза воды - наиболее ценные прибрежные территории, 300 м от уреза воды - ценные рекреационные территории, 500 м от уреза воды - буферная зона по отношению к ценным территориям.

Районы Большой Алушты, Большой Ялты относятся к линейной (централизованной) схеме (рис.2), характерной для приморских районов с крупными населёнными пунктами.



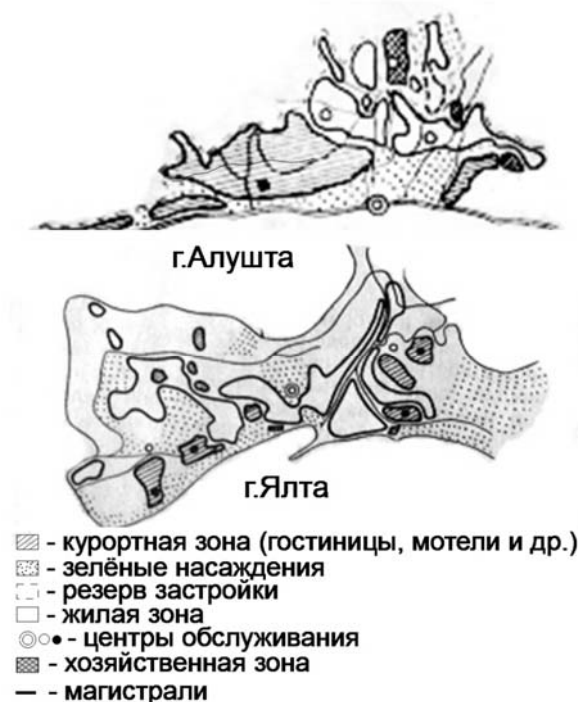
**Рис. 2. Линейная централизованная схема**

Рекреационная функция линейно-узлового развития типологически разделяется на объекты:

- повседневного отдыха в течение одного дня (культурно-развлекательные объекты: набережные, аквапарки, парки и т.д.; специализированные объекты: зоопарки, ботанические сады, особо охраняемые природные объекты и т.д.);

- кратковременного отдыха от одного до трех дней (туристические объекты: гостиницы, отели, ботели и т.д.; рекреационно-спортивные виды деятельности: туризм, дайвинг и т.д.)

- длительного отдыха более трех дней (курортно-санаторные объекты: санатории, профилактории, здравницы и т.д.; рекреационные объекты: оздоровительные, туристические, спортивные лагеря и т.д.).



**Рис. 3. Схемы функционального зонирования  
г.Алушты и г.Ялты**

Градостроительной основой развития курортных городов - Алушты и Ялты являются лечебно-оздоровительные учреждения (рис.3). Они входят в состав курортных районов Большой Алушты и Большой Ялты соответственно. Представленные схемы функционального зонирования не совсем соответствуют действительности. На сегодняшний день выявлена тенденция уплотнения застройки в курортной зоне и резкое сокращение площади зелёных насаждений.

В результате проведённого анализа прибрежных территорий ЮБК, было выявлено, что в настоящее время не разработаны научно обоснованные рекомендации по рациональной функционально-планировочной организации прибрежных территорий ЮБК, в частности социально-культурного обслуживания вдоль набережных. Практически все набережные перенасыщены выносной торговлей

сувенирной продукции, которую следовало бы размещать в отдельной специализированной зоне торговых павильонов и магазинов.

Некоторые прибрежные зоны и подзоны не оснащены соответствующими сооружениями, устройствами и оборудованием. В частности это касается зоны пляжей. Здесь существует явная нехватка душей, санузлов, медпунктов,

спасательных станций, аэрариев, надводных аэросоляриев, обустроенных соляриев, спортивных площадок и обособленных участков для детей. Конечно, данная проблема связана не только с денежными инвестициями, но и с ограниченными площадями природных пляжей. Таким образом, существует огромная потребность в расширении, досыпке пляжей, сооружении плавучих пляжей. Для крупных городов-курортов целесообразно применение плавучих конструкций с выносом на них общественных функций. В мировой практике ведущую роль по внедрению плавучих сооружений занимает Япония. Современная техника позволяет создавать плавающие платформы, способные выдержать вес около 300 тысяч тонн.

Проанализировав отечественный и зарубежный опыт освоения береговых зон крупных городов, был выявлен комплекс основных проблем, связанных с данными территориями:

- нарушение экологического равновесия береговых зон и наличие деградированных территорий;
- недостаток благоустроенных поперечных транспортных и пешеходных связей;
- нехватка комплексной градостроительной стратегии развития береговых приморских территорий с учётом природоохранных мировых тенденций.

Как показывает опыт, наиболее устойчив к нарушениям мозаичный ландшафт с чередованием сформированных человеком и естественных участков. В современном проектировании и градостроительстве все шире применяют модульный принцип членения городской территории, обеспечивающий целостность планировочных элементов на длительный срок их развития.

К сожалению, с точки зрения сохранения и развития прибрежных территорий в настоящее время в обществе и во властных структурах не наблюдается значительной заинтересованности в создании системы для более эффективного решения проблем морского побережья Крыма.

Развитие курортов связано с их финансированием. Ранее средства для развития и реконструкции выделялись из государственного бюджета. В настоящее время – из местных. Однако этих средств недостаточно для полноценного развития курортов. Вследствие этого не разрабатывается планировочная документация. А проектная документация выполняется в основном индивидуально для частного застройщика. Всё это ведёт к проблемам рациональной функционально-планировочной организации прибрежных территорий, нарушению законодательных норм. Большая часть проектной документации разрабатывалась в 60-80 годы XX века. Она устарела и нуждается в доработке и обновлении.

Таким образом, для эффективной организации и использования прибрежных территорий необходимо архитектурное обновление городов и поселков, обустройство зон отдыха в их пределах, наращивание пляжей, рациональное использование курортно-рекреационных территорий, повышение уровня биопозитивности прибрежных территорий с помощью современных технологий и реализация других мероприятий по функционально-планировочной организации в интересах рекреационной отрасли.

### **Выводы:**

1. Для ЮБК важной задачей остаётся развитие рекреационной и лечебно-оздоровительной функций. Изучение рекреационного спроса, повышение уровня комфортности и обслуживания, реконструкция прибрежных территорий позволят благоприятно воздействовать на весь рекреационный процесс. Следует делать акцент на круглогодичное посещение курортов.

2. На сегодняшний день остро стоит проблема рационального использования прибрежных территорий. На ЮБК всё меньше становится природных, свободных от застройки территорий.

3. Функционально-планировочная организация прибрежных территорий ЮБК претерпевает значительные изменения ввиду бесконтрольной застройки побережья. Необходимо создание современной программы развития и реконструкции прибрежных территорий, которая бы учитывала их нынешнее состояние и мировые тенденции.

### Литература

1. Городской В. и др. Планировка и застройка курортов. Киев, Будівельник, 1969.- 216с.
2. Журнал «Турбизнес», №16(86), ноябрь 2003. [Электронный ресурс] Режим доступа к журн.: [http://www.biodiversity.ru/publications/press/press 2003/tur001103/html](http://www.biodiversity.ru/publications/press/press%202003/tur001103/html)
3. Закон України про курорти із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 19 січня 2006 року №3370-IV.
4. Литвинов Д.В. Градоэкологические принципы развития прибрежных зон (на примере крупных городов Поволжья): автореф. дис. на соискание научной степени кандидата архитектуры: спец. 18.00.04 «Градостроительство, планировка сельскохозяйственных населенных пунктов» / Литвинов Д.В. - г.Санкт-Петербург., 2009.- 20с.
5. Научно-технический журнал «Екологія довкілля та безпека життєдіяльності» выпуск 3(2009).
6. Слепокуров А.С. Геоэкологические и инновационные аспекты развития туризма в Крыму.-Симферополь.: СОНАТ, 2000. - 100с. ил.
7. Тетиор А.Н. Строительная экология. Киев.: Будівельник, 1992.-250с.

**Черненко В.И., инженер; Волосович О.И., Исаев С.Р., студенты**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**Исследование современных тенденций по планировке загородных домов с определением диапазона коэффициента  $K$ , выражающего соотношение подсобной площади к жилой**

*Работа посвящена исследованию современных тенденций по планировке загородных домов.*

**Коттеджи, подсобная площадь, жилая площадь, диапазон, коэффициент  $K$ , планировка, диаграммы.**

**Постановка проблемы.** Внутреннее пространство помещений коттеджа — интерьер, среда, в которой живет человек, имеют для него большое значение. Удобство проживания в индивидуальном доме во многом зависит от следующих факторов:

- выбора количества и состава помещений в зависимости от численного и демографического состава семьи;
- рационального размещения оборудования помещений;
- применения прогрессивных компактных типов стационарной и передвижной мебели.
- удобной взаимосвязи жилых и подсобных помещений, а так же их гармоничного соотношения.

В данной статье рассматривается последний пункт, как наиболее значимый при планировке загородных домов коттеджного типа.

**Анализ основных исследований и публикаций.** Рациональный выбор планировочной структуры — основная задача при создании загородного дома. Подход к этому выбору изучается и анализируется по пути следования от жестких нормативных рамок к творчески решаемым концепциям.

**Формирование целей статьи.** Определение диапазона коэффициента  $K$  а также исследование его изменения в зависимости от используемых строительных материалов.

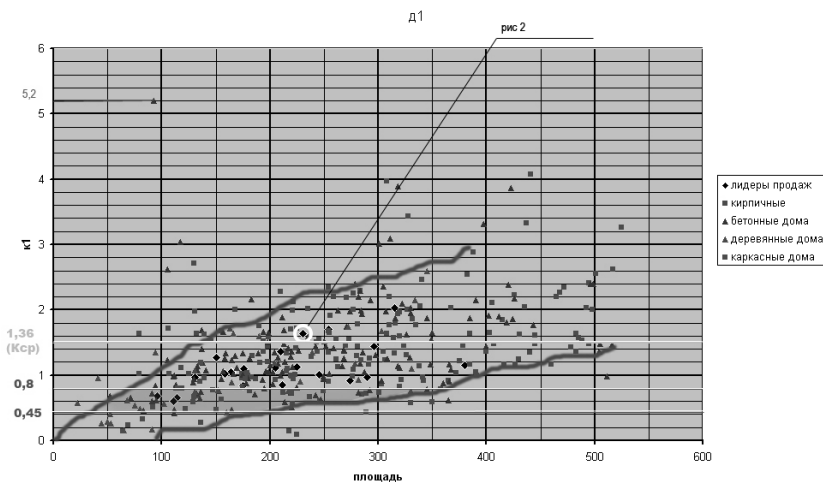
**Основная часть.** С течением десятилетий облик загородного дома менялся и продолжает меняться — причиной тому служат и

появление новых материалов и технологий, и дизайнерские тенденции... Однако есть правила, «работающие» во все времена. Их много, разумность или необходимость их применения зависит от состава семьи, характера проживания (сезонное или постоянное), ландшафтной и экологической ситуации обстановки и еще многих, многих факторов. Например, в двухэтажном доме на первом этаже принято располагать «общественные» помещения (гостиную, кухню, холл, гостевые комнаты и санузел), на втором – «приватные» (спальни членов семьи, тренажерный зал, библиотеку). Для дома, как и для человека, важна ориентация – по сторонам света: лучше, если окна подсобных помещений будут ориентированы на север, спален и детских комнат – на юг или восток, гостиной – запад.



Каковы современные тенденции планировки загородного дома? Практика архитекторов и строителей показывает: владельцы недо-

рогих коттеджей все чаще отказываются от строительства цокольных этажей и подвальных помещений, отдавая предпочтение дополнительному помещению в виде мансарды – светлого верхнего этажа, где можно устроить и игровую для детей, и спортзал для взрослых. Хозяева более дорогой недвижимости от подвалов не отказываются, отдавая их под винные погреба и «мокрые» помещения (прачечные, сауны, бассейны). Еще одно активно эксплуатируемое пространство – плоская крыша. В холодное время года в отечественном климате она практически бесполезна, зато летом там можно не только принимать солнечные ванны, но и устраивать вечеринки для семьи и друзей. Большие дома, площадью более 50 квадратных метров, пользуются меньшим спросом – фаворитами коттеджного рынка становятся проекты площадью до 300 метров. Площадь коттеджа – один из основных критериев, от которых зависят его класс и стоимость. Правда, «больше» не всегда означает «лучше»: например, в последнее время владельцы коттеджей бизнес-класса стали устраивать для себя бильярдные и сауны, что раньше считалось привилегией элитного жилья.



**Рис. 1. Диаграмма коэффициента  $K$  в зависимости от соотношения площадей**

Облик современного загородного дома существенно изменился по сравнению с типовым коттеджем прошлых десятилетий и это неминуемо должно повлечь за собой изменение определенных норм.



Мы провели исследование, в ходе которого рассмотрели свыше 500 типовых проектов загородного дома и подсчитали для каждого коэффициент  $K$  (отношение подсобной площади к жилой). Результаты наших исследований мы выразили в диаграмме (зависимость коэффициента  $K$  от общей площади (рис.1).

Как видим из диаграммы подавляющее большинство современных коттеджей не попадает под нормы коэффициента  $K$  (0,45-0,8). Средний коэффициент  $K$  для современных коттеджей составил 1,36, что явно больше вышеописанных норм. Вызвано это вероятно тем что все больше владельцев современных коттеджей предпочитают размещать у себя бильярдные, сауны и т.д. Так же можно заметить что с увеличением площади коттеджа наблюдается увеличение коэффициента  $K$ . И это не удивительно, коттедж предназначен для отдыха и проживания определенной семьи, которой требуется определенное количество и площадь жилых комнат (спален, гостиных..), поэтому с увеличением общей площади проекта коттеджа он практически не приобретает дополнительной жилой площади (т.к. она была бы излишней и неиспользуемой), вместо этого заказчик предпочитает размещать у себя в коттедже дополнительно бассейны, винные погреба и т. д. увеличивая тем самым подсобную площадь. в качестве примера можно привести один из самых популярных вариантов планировки коттеджа (рис.2).





**Рис.2. Вариант планировки коттеджа**

Коэффициент К данного коттеджа составляет 1,41 при общей площади 239 кв.м.

При 4-х спальнях и гостиной, чего вполне достаточно для комфортного проживания семьи, данный коттедж имеет спортзал, бассейн, погреб, парную, постирочную, за счет чего и достигается такой высокий коэффициент.

Вернемся к диаграмме (рис 1). Можно также заметить что на диаграмме присутствуют коттеджи коэффициент К которых ниже 0,45 (ниже нормы). Это коттеджи в основном небольшой площади (до 100 м.кв.)

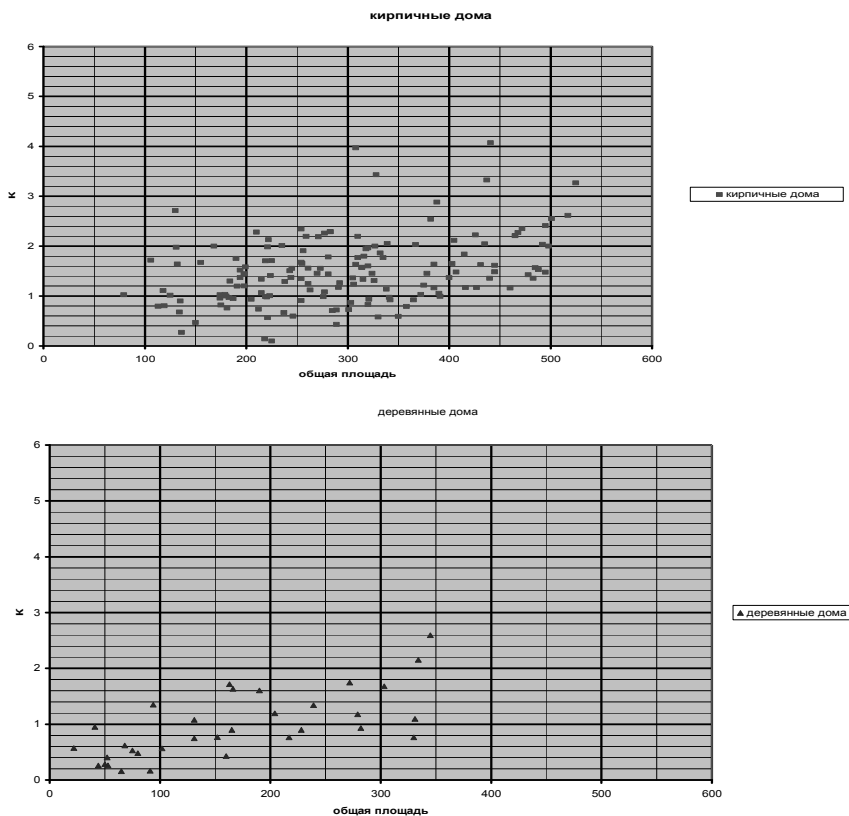
Такой низкий коэффициент К объясняется желанием заказчика как можно более выгодно и рационально использовать доступную площадь и размещением на участке открытых летних кухонь, санузлов и т.д.

Но очевидно что все-таки коэффициент К планировки большинства коттеджей намного выше нормы и даже достигает 5,2. Но даже такая планировка рационально обоснована и имеет право на существование.

### Выводы и перспективы

О На основе данных исследования был построен диапазон коэффициента, характеризующего соотношение основных площадей- подсобной и жилой, а также выявлена зависимость этого диапазона от площади

О Если учитывать материалы основных конструкций (кирпич, дерево, бетон), то это уточнит показатели исследуемого диапазона и позволит судить об особенностях планировки из каждого вида материала, а также даст возможность рассматривать экономическую сторону вопроса (рис.3).



**Рис. 3. Диаграммы зависимости коэффициента К от материала основных конструкций**

Современные тенденции диктуют новые решения планировки, и это неминуемо должно повлечь за собой изменение определенных норм. И уже можно говорить об образовании новых норм (в частности коэффициента К) и эти нормы изменчивы в зависимости от площади и используемых материалов.

### **Литература**

1. СНиПП 2.07.01.-89 Планировка и застройка городских и сельских поселений.
2. «Каталог проектов загородных домов.50 типовых проектов» ООО «Аделант» ООО «Инфобилд» г.Харьков
3. «Украинские лицензионные проекты коттеджей-500»
4. Нойферт Э. «Строительное проектирование» М.:Стройиздат,1991.391с.
5. Шубенков М.В. «Структурные закономерности архитектурного формообразования» М.:Изд. Архитектура-С 2006.С. 55-56165-174

**Шитікова В.М.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

*Ведь каждый сад-пейзаж, и он не повторим,  
Он скромненький иль богат - равно люблюсь им.*

Ж. Делиль "Сады»

### **Сельский парк**

*Для зеленого строительства и инженерного благоустройства территорий можно рекомендовать опыт планировочного решения сельского парка в степной зоне Крыма пгт. Гвардейское Симферопольского района. Его водоохранная миссия, сложившийся фитоценоз, экологическая роль достойны уважения и изучения. Предлагается перечень дендрологического состава, который подобран из интродуцентов, определяющих высокую жизнеспособность в условиях южных степей. Путешествуя по лучевым аллеям и вдоль русла реки Салгир, ощущаешь торжество природы, задуманное много лет назад талантливыми проектировщиками.*

**Сельский парк, водоохранная роль, ландшафтный и регулярный стили, дендрологический состав.**

Актуальной проблемой планирования сельских населенных пунктов является сохранение и оздоровление окружающей среды. Для этого необходимы мероприятия по консервации отдельных ценных участков ландшафта и озеленение территории для поддержания экологического равновесия.

Каждый населенный пункт Крыма в перспективе имеет большие ресурсы по озеленению и благоустройству. Примером тому может служить небольшой сельский парк в регулярном стиле с элементами пейзажного в пгт. Гвардейское Симферопольского района, который осенью 2009 года отмечает свое пятидесятилетие. Его планировка, сложившийся фитоценоз, являются лучшим образцом для организации парков в степной зоне Крымского полуострова. Древесные композиции, удобные планировочные решения систематизированы и рекомендуются для внедрения на небольших территориях, как оптимальное решение улучшения эстетического и экологического состояния окружающей среды.

Парк находится в центре поселка. Основной идеей рождения зеленого оазиса стало соединение красоты с пользой, простоты с природной величественностью, приспособленного для сохранения водного богатства. Воедино соединилось удачное географическое расположение, сложившийся дендрологический состав, великая водоохранная миссия. Эта территория относится к почвенно-климатическим условиям сухих южных степей[1]. Когда то здесь были ковыльные степи и редкие хутора. После окончания строительства Лозово-Севастопольской железной дороги в 1874 г. вблизи сел построена станция Сарабуз для вывоза хлеба из степного района[2]. Более 300 лет формировался поселок Гвардейское, богатый на археологические и природные богатства, благодатную землю для плодовоовощных культур. В пятидесятые годы совхоз переживал интенсивное развитие: строились культурные объекты, фонтаны, водоемы, водопровод, закладывался сквер и водоохраный парк. На неосвоенной территории более 2 га у реки Салгир были пробурены скважины, обустроен колодец, проложены водопроводные трубы. Вода добывалась родниковая, очистке не подвергалась. Важная роль в влагонакоплении возлагалась на деревья, поэтому в 1959 году силами жителей поселка был заложен парк.

В проекте территории использованы ландшафтный и регулярный стили, однако элементы регулярного стиля преобладают. Большинство древесно-кустарниковых групп посажено в соответствии с декоративно – куртинным и систематическим принципам [5]. Благодаря сочетанию двух стилей достигнут специальный художественный эффект и повышено разнообразие восприятия территории. Продольно - лучевая композиция создает удобства для пересечения местности. Самые длинные аллеи, ориентированные с севера на юг, заканчиваются легкими мостиками через реку Салгир. Определен композиционный центр в виде клумбы с лучевыми аллеями, делящими территорию на четыре части. Интересным решением при планировке - обрамление его с востока и юга естественным руслом реки Салгир и трехлучевые дорожки от южного мостика.

Дендрологический состав не велик, но особенность его в том, что многие виды деревьев и кустов являются интродуцентами, создавшими жизнестойкий фитоценоз[3,4]. Гордостью парка являются величественная ель обыкновенная или европейская (*Picea abies* (L) Karst). Несмотря на жаркий и засушливый крымский климат, не вполне благоприятный для этих северных растений, шесть красавиц достигли значительных размеров и имеют хорошее жизненное состояние. Зрелые шишки свисают вниз; расположенные на концах ветвей в верхней части кроны, они являются дополнительным ук-

рашением этого красивого своей формой дерева. Благополучное состояние зеленых красавиц говорит об экологическом здоровье территории, потому что они растут только там, где нет загрязнения воздуха пылью, копотью и газами.

По контуру клумбы произрастает самшит обыкновенный (*Vuxus sempervirens* L) в качестве живой изгороди. Родом самшит из стран Средиземноморья. Он мирится с любым типом почвы, не боится солнца и теневынослив – успешно растёт на открытом месте или в полутени, поэтому полвека верой и правдой служит достойной изгородью у давно забытой клумбы.

Лучевая аллея с севера на юг украшена акацией белой (робиния лжеакация - *Rovinia pseudoacacia* l) и жимолостью татарской. Белая акация, гостья из Северной Америки, как и клен, платан, софора. Растение малотребовательно к плодородию и влажности почвы, очень светолюбиво, засухоустойчиво, обладает фитонцидными свойствами и влияет на ионизацию воздуха [7]. В сплошных насаждениях высоко выносит крону. Это один из наиболее газо и дымоустойчивых видов с обширной, далеко разветвляющейся корневой системой, которая обуславливает его устойчивость к ветру. Как и у остальных представителей этого семейства, на корнях робиний развиваются клубеньки, содержащие бактерии, способные связывать атмосферный азот и таким образом обогащать им почву. В Крыму робинию используют в лесозащитных полосах.

Жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L) - густо облиственный кустарник с продолговатыми, темно-зелеными сверху и матовыми, сизоватыми снизу листьями [3,6]. Представляет большую ценность для зеленого строительства благодаря нетребовательности к условиям произрастания, густому росту, раннему распусканию листьев, обильным, изящного строения и нежной окраски цветкам, а также декоративным красным и желтым плодам. В парке жимолость разрослась с размахом, образуя густую непроходимую живую изгородь, ограду для птиц.

Восточная аллея состоит из красивейшего ясеня обыкновенного (*Fraxinus. excelsior* l). Благодаря быстрому росту, мощным размерам, стволу правильной формы, красивой ажурной кроне с крупной перистой листвой, можно наблюдать в парке всю природную мощь дерева. Ареал произрастания ясеня широк: Европа, Азия, Америка [3,4]. Ясень в мифологии символизирует Мировое дерево, является источником жизни и бессмертия. Смотришь на наши богатырские деревья снизу вверх – небо подпирают. Цветет в апреле-мае до распускания листьев на фоне весеннего пения птиц.

С западной стороны парка среди куртинок с акацией, софрой, вязом изредка встречаются экземпляры ясеня ланцетного, или зеленого (*Fraxinus lanceolata* borkh), менее высокое дерево родом из Северной Америки с ярко-зелеными голыми, сидячими, по краю острозубчатыми листьями, состоящими из 5 - 9 ланцетовидных листочков. Очень зимостоек, засухоустойчив. Широко применяется в степном лесоразведении.

В восточном секторе парка за роскошными ясенями просматриваются кусты сирени (*Syringa vulgaris* L.) - крупные кустарники с пятидесятилетним стажем. Обильноцветущая сирень имеет особые свойства - влияет на ионизацию воздуха[7]. В прошлом сирень росла по всей территории. То же можно сказать о розе, но сейчас ее можно встретить в виде одиноких кустов шиповника (*Rosa cinnamomea* L.), с грустью вспоминающего свою былую красоту.

Западная аллея оформлена ясенелистным кленом (*Acer negundo*). Американский клен достигает 20 м высоты, имея при свободном стоянии широкую, раскидистую крону. Необычны его сложные, непарноперистые листья из 3-5 листочков, напоминающие внешне листья ясеня, за что этот клен и получил видовое название. В молодости растет очень быстро, но недолговечен, живет не более 80 лет, в уличных посадках не более 30 лет. Очень ломкий. Дает обильный самосев, который часто нарушает регулярность посадок, прорастая в неподходящем месте. В последнее время за ним закрепилась неблагоприятная слава растения – сорняка. Колоссальная выживаемость семян приносит немало хлопот садоводам.

По всей территории парка можно встретить густоразросшиеся кустарники чубушника и спиреи. Во время весеннего цветения они превращаются в белые облака, которые висают, как изысканные букетные композиции.

Спирея (*Spiraea arguta* L) сильноразветвленный кустарник до 2 м высотой с широкой раскидистой кроной, образованной дуговидно-изогнутыми коричневыми побегами[4,6]. Цветки белые до 0,8 см в диаметре собраны в многочисленные многоцветковые зонтиковидные соцветия, сплошь покрывающие побеги. Яркая легкость соцветий спиреи является символом весеннего сельского парка.

Тонкий аромат и красочность чубушника (*Philadelphus* L) настраивает на нежность, любовь и веру в прекрасное будущее. Простые цветки образуются на концах коротких молодых побегов и собраны в кисти по 3-5 штук. Листья простые, в зависимости от вида от 2 до 7 см длиной, яйцевидные, удлинненные или широкояйцевидные. Растение обладает фитοценозными свойствами[7].



К этому списку хочется добавить утраченную буддлею очереднолистную (*Buddleja alternifolia maxim*)[6] - гостью из северо-западных районов Китая. Она росла вдоль тополиной аллеи на границе южного сектора парка. Высокий листопадный кустарник до 4 м с изящными, широко раскидистыми, дугообразно изогнутыми побегами. Во время цветения длинные, тонкие побеги покрывались пучками нежных, мелких, лиловых цветков и превращались в красивые гирлянды, необычайно эффектные в течение 20-25 дней. На этих соцветиях всегда сидели огромные бабочки хвостосцы (вид Подалирий). Нет буддлеи, нет и бабочек.

Когда сад был молодой, загадочным «хороводом» смотрелись вкрапления туи западной (*Thuja occidentalis*). Их высадили в виде правильных ромбов во всех секторах для создания контрастного звучания на фоне листопадных деревьев. Сегодня туя оголила красноватые корявые стволы, показав свой естественный рост, но украшением парка осталась. Биологическая ценность туи в чешуеобразной хвое и фитонцидах, очищающих воздух от болезнетворных микроорганизмов [7]. Растение нетребовательно к условиям произрастания, хорошо выносит засуху. В поселке туя западная широко распространилась в усадьбах как декоративная форма и является привычным вечнозеленым акцентом.

Самым интересным местом для прогулок в сельском парке является берег реки Салгир. Если пройти по тропинке, соединяющей северный и южный мостики, можно любоваться естественными изгибами и милыми береговыми видами. Прогуливаясь, невольно обращаешь внимание на обилие растительности. Гармонично сочетаются клен остролистный (*Acer platanoides*) и робиния лжеакация— (*Rovinia pseudoacacia* l), ясень обыкновенный (*Fraxinus, Excelsior* l) и тополь пирамидальный ((*Populus pyramidalis* roz), ива белая (серебристая верба) (*Salix alba* L) и ива вавилонская (*Salix babylonica*), орех грецкий (*Jugland regia* L) и софора японская (*Sophora japonica* L), вяз гладкий (обыкновенный) (*Ulmus laevis*) и множество видов кустарников.

Выделяются силуэты двух необычных кленов (*Acer platanoides* L *globosum*), с шаровидной формой кроны. Искусственная прививка делает их чудом на фоне зеленого хоровода.

Обилием деревьев ореха грецкого (*Juglandaceae regia* l) никого не удивишь. Попав на крымскую землю в XIX веке и познав благодатную плодородную землю, благополучно прижился. Орех в парке обладает высокими декоративными качествами, мощным ростом.

Прекрасно разрослась софора японская (*Sophora japonica*). Софора как и акация обладает фитонцидными свойствами. В июле украшает парк обильным цветением. Ярко-желтые цветки собраны на верхушке ветвей большими гроздьями. Плоды созревают в сентябре-октябре и остаются на дереве всю зиму. Плод - боб, по форме напоминающий четки, широко используется в медицинских целях. Жители поселка еще не осознали, какой кладезь лекарств таит в себе этот плод для лечения гнойных ран и ожогов.

Среди разнообразного видового состава кустарников вдоль реки есть растение, название которого знали с детства от леденцовых конфет - барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.) [3,6]. Растение представляет собой древовидный колючий кустарник высотой до 2 м с пильчатыми кожистыми листьями длиной до 4 см, расположенными в виде пучков. Желтые цветки собраны в свисающие кисти и радуют своим видом в апреле-мае. Плоды — сочные красные продолговато-эллиптические ягоды, долго сохраняющиеся осенью на кустах.

В среднем ярусе разрослась бузина чёрная (*Sambucus nigra* L.). Растение представляет собой крупный кустарник высотой 3-5 м. Тёмно-зелёные листья крупные, до 30 см длиной. Они имеют красивую непарноперистую форму. У бузины чёрной мелкие душистые желтовато-белые цветки, собранные в щитковидные соцветия. Бузина активно цветёт более 3 недель, привлекая множество разнообразных насекомых-опылителей. В сентябре у бузины созревают съедобные плоды, которые являются лакомством для птиц.

Наличие большого количества проточной воды определило разнообразный видовой состав семейства Ивовые [3,4]. Такие влаголюбивые растения как ива белая (серебристая верба) (*Salix alba* L.), ива вавилонская (*Salix babylonica*), тополь канадский (*Populus canadensis*), тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis*).

Ива белая (*Salix alba* L.) крупное красивое дерево 20-25 м высотой с мощным стволом, покрытым трещиноватой, серой корой. Очень эффектны молодые ветви, тонкие, свисающие, на концах серебристо-опушенные. Листья очередные, ланцетные длиной до 15 см. Цветочные сережки развиваются одновременно с листьями. Дерево необычайно эффектно при дуновении ветра. Является неотъемлемым элементом в композиции берегов нашего парка.

Из-под кроны ивы вавилонской (*Salix babylonica*) проглядывает речная гладь реки Салгир. Дерево до 15 м с тонкими, свисающими до земли, гибкими, желтовато-зелеными, голыми, блестящими ветвями. Листья узколанцетные, заостренные, по краю мелкопильчатые, до 16 см длиной, при ширине в 1-2 см. В конце февраля — начале марта

дерево вновь одевается молодыми, ярко-зелеными листьями, сохраняющими свежесть до конца мая. Ивы не только украшают но и укрепляют берега, сохраняя ценную пресную воду.

От южного мостика разбиты три осевые аллеи. Одна из них проходит по границе парка вдоль которой произрастала живая изгородь из тополя пирамидального (*Populus pyramidalis*). Осталось их немного. Красавец с прямым стволом, почти от основания ветвистый с пирамидальной кроной, образованной направленными вверх ветвями, мешал обильным тополиным пухом, которым с радостью покрывал траву и крыши домов. Декоративность пирамидального тополя всегда украшала крымский пейзаж, заменяя теплолюбивые кипарисы.

Не менее живописен тополь канадский (*Populus canadensis moench*).

Дерево родом из Северной Америки имеет высокие декоративные качества. Крона широкоокруглая, густая, ствол прямой, кора темно-серая, глубокотрещиноватая. В озеленении парков рекомендуется для санитарно гигиенической роли как растение, поглощающее токсические газы [7].

Южную границу парка украшала живая изгородь лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L). Сегодня остались единичные посадки растения. Лох узколистный необходимо воссоздавать в крымских парках, посадках. Его серебристая листва с раскидистой формой кроны не только подчеркивает южный колорит сельского ландшафта, но и рекомендуется для борьбы с запыленностью воздуха [7].

Несколько лет назад, силами энтузиастов, была высажена аллея айланта (*Ailanthus altissima* (MILL.)). Китайский ясень прижился, потому что нетребователен к почве и засухоустойчив. Как и тополь канадский, айлант имеет свойства поглощать вредные газы [7].

Парку полвека. Благодаря прекрасному проекту, дендрологическому составу сельская территория обрела природное богатство. Выросло не одно поколение на фоне благодатного зеленого уголка, воспринимающее парковое обустройство, как часть своей родины. В разные годы менялось и отношение властей к парку: от скрупулезного ухода, до полного равнодушия. Древесные насаждения пережили вырубку, поджоги, засорение, но выстояли, являясь прекрасным оазисом на территории поселка. И не засуха и морозы являются проблемой наших парковых образований, а сохранение территориальной целостности и чистоты. Жизнеспособное состояние деревьев является наглядным примером для благоустройства крымских зеленых массивов. Сегодня молодое поколение жителей населенного пункта острее

осознает глобальные экологические проблемы и ту ценность, которую представляет сельский парк. Это значит, что у него есть будущее.

На основе вышеперечисленного дендрологического состава самыми устойчивыми к местным условиям произрастания являются 15 видов деревьев и 7 видов кустарников.

Из них лиственные: робиния лжеакация - (*Robinia pseudoacacia* L), ясень обыкновенный (*Fraxinus. excelsior* L), ясень ланцетный, зеленый (*Fraxinus. lanceolata* borkh.), клен ясенелистный (*Acer negundo*), Вяз гладкий (*Ulmus laevis*), тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* roz), ива белая (серебристая верба) (*Salix alba* L) и ива вавилонская (*Salix babylonica*), орех грецкий (*Jugland regia* L), софора японская (*Sophora japonica* L), тополь канадский (*Populus canadensis* ), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L), айлант (*Ailanthus altissima* (MILL);

хвойные: ель обыкновенная или европейская (*Picea abies* (L) Karst), туя западная (*Thuja occidentalis*);

лиственные кустарники: жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L), сирень (*Syringa vulgaris* L), спирея (*Spiraea arguta* L), чубушник (*Philadelphus* L), шиповник коричный (*Rosa cinnamomea* L), самшит обыкновенный (*Buxus sempervirens* L), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L).

### Литература:

1. География Крыма. Учебное пособие.- С.: Крымучпедгиз, 1997, 224 с.
2. История городов и сел УССР. Крымская область. К.: Украинская советская энциклопедия, 1974, 802 с.
3. Рубцов Н.И. Растительный мир Крыма. С.: Таврия, 1978, 128 с.
4. Слирик-Маслова Л.Н. Растения крымских парков. Четыре времени года. Севастополь, 2008, 256 с.
5. Рубцов Л.И. Проектирование садов и парков: Учебное пособие для техникумов. М.:1979 г.
6. Хессайон Г. Все о декоративных деревьях и кустарниках. М.: Кладезь-Букс, 2003 ,( 225 стр.)
7. Горохов А.В. Зеленая природа города.- М.: Архитектура-С, 2005, (590 с.)

## **Раздел 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ**

**УДК 519.47(07)**

**Барыкин А.Б., Гуляев А.С. , руководитель Чемодуров В.Т.**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Методы нелинейного программирования в проектировании элементов конструкций**

*Приводится методика оптимизации параметров тонкостенного стержня открытого профиля одним из методов нелинейного программирования (случайный поиск).*

*Под случайным поиском понимается намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. Эта случайность служит целям сбора информации о поведении объекта исследования. В ряде случаев введение такого случайного поведения в поиск дает возможность построить весьма простые и эффективные алгоритмы случайного поиска, которые в определенных случаях превосходят регулярные (в частности градиентные) алгоритмы поиска.*

*Особенно эффективно применение случайного поиска при оптимизации объектов с большим числом параметров и ограничений, т.е. в задачах оптимального проектирования.*

**Конструкции, проектирование, нелинейное программирование, оптимизация, критерий оптимизации, функциональные ограничения, случайный поиск.**

В данной работе представлена концепция оптимизации несущего элемента конструкции на примере консольной балки двутаврового сечения.

Целью работы является минимизация массы конструкции при сохранении несущей способности и, следовательно, снижении затрат на строительство.

Рассмотрим простой пример построения и исследования математической модели.

Реальная конструкция представляет собой кронштейн балочного типа с поперечным сечением в виде двутавра (рис.1), нагруженного на свободном конце силой  $P$ .

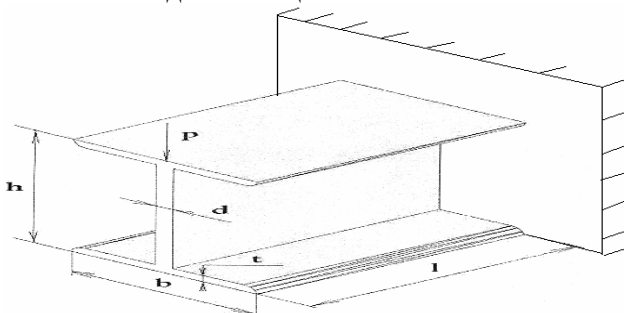


Рис.1

Задача заключается в следующем: определить размеры поперечного сечения балки ( $h, b, d, t$ ) при следующих условиях:

1) Наибольшее напряжение в опасном сечении балки не должно превышать допустимого  $\sigma_{\max} \leq [\sigma]$  - условие прочности.

2) Наибольший прогиб балки ограничен допустимым значением  $y \leq y_0$  - условие жесткости.

Математически эти условия имеют вид

$$M_{\text{и max}} / W_z \leq [\sigma] \quad (1)$$

$$Pl^3 / 3EI \leq y_0 \quad (2)$$

Здесь  $M_{\text{и max}} = Pl$  - изгибающий момент в опасном сечении,  $W_z = (I_z / h) * 2$  - момент сопротивления сечения,  $E$  - модуль упругости материала.

Момент инерции сечения  $I_z$  зависит от параметров поперечного сечения.

$$I_z = d(h - 2t)^3 / 12 + bt^3 / 6 + \frac{1}{2} * bt(h - t)^2 \quad (3)$$

Как правило, при проектировании элементов конструкции в качестве целевой функции принимают ее массу. В данном случае при анализе кронштейна однородного по длине масса его пропорцио-

нальна площади поперечного сечения. Поэтому примем площадь поперечного сечения качестве целевой функции исследования.

$$A=2bt+d(h-2t) \quad (4)$$

Анализируя приведенные формулы видно, что и функция цели (4), и функциональные ограничения (1) и (2) зависят от параметров поперечного сечения нелинейно.

Образно говоря, функция цели представляет собой некоторую поверхность с возвышенностями и низинами, а ограничения – своеобразные изгороди на этой местности. И задача нелинейного программирования состоит в нахождении самой низкой точки местности на территории, окруженной изгородями. Линия уровня функции цели представляет собой пересечение рельефа местности с плоскостью уровня  $f^0(x)=\text{Const}$ . Мы можем выбрать такое значение плоскости уровня, что линия уровня функции цели не будет иметь общих точек с отгороженными участками, при других значениях линии уровня такие точки будут. Это значит, что существуют допустимые решения, обеспечивающие заданное значение функции цели. Уменьшая значение  $f^0(x)=\text{Const}$ , мы можем найти то ее наименьшее значение, после которого общих точек линии уровня и допустимой области не существует. Это крайнее значение  $f^0(x)=\text{Const}$  есть оптимальное значение целевой функции, а общие точки линии уровня и допустимой области – решения задачи нелинейного программирования.

В программировании сложных задач оптимальный вектор  $\hat{x}$  найти можно лишь приближенно (с заданной точностью), используя численные методы поиска.

Стратегия численных методов нелинейного программирования заключается в том, чтобы из выбранного начального решения  $x^0$ , принадлежащего  $D_x$ , за некоторое количество шагов найти оптимальное значение критерия  $f^0(x)$  с заданной точностью  $\epsilon < 0$ . Характер стратегий поиска меняется по мере его развития. Вначале, когда о функции вообще ничего неизвестно, мы должны вести исследование в некоторой небольшой, случайным образом выбранной области с тем, чтобы расположить пробные воздействия там, где значения критерия ниже. В середине процесса поиска, когда накапливается информация о характере отклика, поиск ведется быстрее. В конце поиска (вблизи оптимума) необходимо интенсивно прово-

дить исследования с целью достижения заданной точности решения задачи  $\epsilon$ .

Стратегия численных методов основывается на рекуррентной зависимости:

$$x^{s+1} = \pi(x)[x^s + \rho^s \gamma^s \xi^s] \quad (5)$$

Здесь:  $x^s$  - приближения вектора варьируемых параметров после  $s$ -й итерации,  $\rho^s$  - величина шага в  $s$ -й итерации (шаговый множитель),  $\gamma^s$  - нормированный множитель,  $\xi^s$  - вектор направления.  $\pi(x)$  – оператор проектирования  $x$  на множество  $X$ . Если множество  $X$  есть  $n$ -мерный параллелепипед, то есть

$$x = \{(x_1, \dots, x_n) : a_j \leq x_j \leq b_j, j = 1, n \}, \text{ то } \pi(x) = \{\pi_1(x), \dots, \pi_n(x)\},$$

то  $j$ -й элемент оператора проектирования

$$\pi_j(x) = \begin{cases} a_j & \text{при } x_j \leq a_j, \\ b_j & \text{при } x_j \geq b_j, \\ x_j & \text{при } a_j \leq x_j \leq b_j. \end{cases} \quad (6)$$

Формула поиска (5) удовлетворяет существующему многообразию методов нелинейного программирования, которые можно разделить на два класса:

- детерминированные ( на каждом шаге поиска происходит улучшение целевой функции)

- стохастические (случайный поиск).

По способу добывания информации о целевой функции и определения методы поиска делятся на:

- методы нулевого порядка (используют информацию только о значении целевой функции)

- методы первого порядка (градиентные)

- методы второго порядка ( используют информацию о значениях вторых частных производных по варьируемым параметрам).

Чем выше порядок метода поиска, тем ближе определяемое направление к истинному оптимуму задачи, однако, при этом, значительно увеличиваются затраты на добывание необходимой информации в каждой итерации.



Под случайным поиском понимается намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. Эта случайность служит целям сбора информации о поведении объекта исследования. В ряде случаев введение такого случайного поведения в поиск дает возможность построить весьма простые и эффективные алгоритмы случайного поиска, которые в определенных случаях превосходят регулярные (в частности градиентные) алгоритмы поиска. Основные положительные свойства этих алгоритмов:

- простота программирования и реализации на ЭВМ,
- большое быстродействие,
- высокая надежность и помехоустойчивость, слабая восприимчивость к различного вида «ловушкам».

Особенно эффективно применение случайного поиска при оптимизации объектов с большим числом параметров и ограничений, т.е. в задачах оптимального проектирования.

Рассмотрим простейший метод случайного поиска, который носит название метода удачной выборки. Его идея заключается в том, что направление перехода от точки  $x^s$  в новую  $x^{s+1}$  выбирается из условия

$$\xi^s = \begin{cases} \beta^s & \text{при } f^0(x^s + \rho^s \xi^s) \leq f^0(x^s), \\ 0 & \text{при } f^0(x^s + \rho^s \xi^s) \geq f^0(x^s) \end{cases} \quad (7)$$

При выполнении первого условия (7) шаг считается удачным и осуществляется переход в эту точку  $x^{s+1} = x^s + \rho^s \xi^s$ . В противном случае вырабатывается новое значение  $\beta^s$ . Здесь  $\beta^s = (\beta_1^s, \dots, \beta_n^s)$  - случайный вектор,  $i$ -ая компонента которого есть случайная величина с равномерным распределением на отрезке  $[-1, 1]$ , либо с нормальным распределением, параметры которого  $M(\beta_j^s) = 0$ ,  $\sigma(\beta_j^s) = 1$ .

Метод удачной выборки можно представить как случайное обследование окрестности последней удачной точки и переход к последующей при первом удачном выборе шага. Геометрически (рис.2) путь поиска представляет собой некоторую случайную траекторию. Очевидно, что, если последняя удачная точка оказалась оптимальной, то никакое число случайных выборок  $x^s + \rho^s \xi^s$  не даст положительного результата.

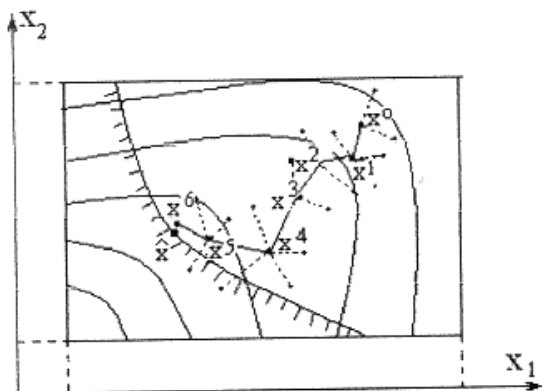


Рис.2

Формально задача оптимизации параметров системы ставится следующим образом. Найти минимум значение целевой функции

$$f^0(x) \quad (8)$$

при условиях

$$f^i(x) \leq 0, i = 1, m \quad (9)$$

$$x \in X \quad (10)$$

Здесь  $m$  – число функциональных ограничений.

Приведем к формальному виду (8) – (10) рассматриваемую задачу оптимизации параметров кронштейна (1) – (4).

Найти минимум поперечного сечения балки (целевой функции).

$$f^0(x) = 2bt + d(h - 2t) \quad (11)$$

при условиях

$$(Plh / 2I_z[\sigma]) - 1 \leq 0 \quad (12)$$

$$(250 Pl^2 / 3EI) - 1 \leq 0 \quad (13)$$

$$x \in \left\{ \begin{array}{l} h = 10 \div 40 \\ b = 5 \div 20 \\ d = 0.1 \div 2.0 \\ t = 0.1 \div 2.0 \end{array} \right\} \quad (14)$$

Введем вектор постоянных величин:

$P=2000$  кг – нагрузка, приложенная на свободном конце кронштейна;  $[\sigma]=1600$  кг/см – допускаемое напряжение материала кронштейна;  $E=2 \cdot 10^5$  кг/см – модуль упругости материала.

Задача (11) – (14) решена с помощью выше описанного метода случайного поиска. Алгоритм поиска разработан на языке программирования PASCAL.

Результаты решения приведены в таблице 1.

*Таблица 1.*

| Параметр | h (см) | b (см) | d (см) | t (см) |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| Значение | 39,6   | 7,61   | 0,5    | 1,09   |

### **Выводы:**

Разработан алгоритм случайного поиска, позволяющий решать задачи оптимизации параметров системы. Метод опробован на простой инженерной задаче минимизации массы кронштейна при заданной внешней нагрузке.

Данный подход оптимизации эффективен при решении задач практически любой сложности.

### **Литература:**

1. Ермольев Ю.М. – Методы стохастического программирования М., «Наука», 1976 г.
2. Ермольев Ю.М. и др. – Математические методы исследования операций. К., «Вища школа», 1979 г.
3. Моисеев Н.Н. – Математические задачи системного анализа. М., «Наука», 1981 г.
4. Уайлд Д.Дж. – Методы поиска экстремума. М., «Наука», 1967 г.
5. Чемодуров В.Т – Поиск оптимума в задачах с ограничениями по вероятности. Л., ВМА, 1981 г.
6. Чемодуров В.Т - Прикладные методы статистического оценивания. Л., ВМА, 1981 г.

**Керимов Р.Р., Щекин В.Ю., руководитель: Чемодуров В.Т.**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Пренение стохастического программирования в проектировании элементов конструкций**

*Показаны некоторые подходы к учету неопределенности, случайности в значениях параметров в моделях принятия решений. Сложность решения таких задач стохастического программирования состоит в трудности вычисления точных значений функций цели и проверки принадлежности заданной точки допустимой области решений.*

*Задачи стохастического программирования возникают в том случае, когда с каждым решением связаны числовые параметры, зависящие от исходных данных и состояния природы (случайных параметров). Для решения таких задач используются прямые и непрямые методы программирования.*

*В статье приводится методика оптимизации параметров объекта, решение которого находится на границе области допустимых значений.*

**Конструкции, проектирование, стохастическое программирование, ограничения по вероятности, дисперсия, математическое ожидание.**

Рассматриваемый класс задач включает в себя подавляющее число задач проектирования систем, поскольку функционирование последних происходит в рамках большого числа ограничений (ограничений по нагрузкам, габаритам, допустимым отклонениям параметров, по стоимости и другие). 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  $\hat{x}$  может служить основой для определения вероятностных характеристик ограничений задачи в этой области (Рис.1). По аналогии с нелинейным программированием можно сформулировать задачу оптимизации. Минимизировать функцию

$$f^0(x, \theta) \quad (1)$$

при условиях:

$$f^i(x, \theta) \leq 0 \quad i = \overline{1, m} \quad (2)$$

$$x \in X \quad (3)$$

В данной задаче при фиксированном  $x$  для одних  $\theta$  соотношения (2) выполняются, для других могут не выполняться. Поэтому такой задаче необходимо придать определенный вероятностный смысл.

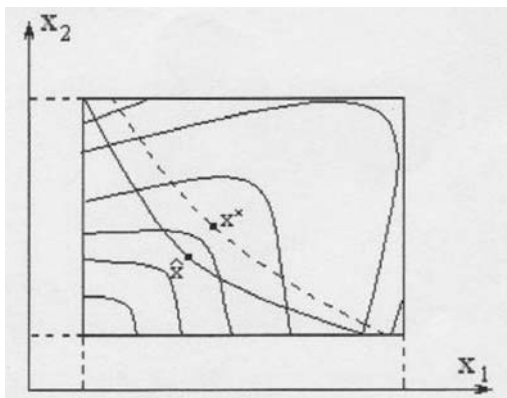


Рис. 1

Необходимо отметить, что случайные переменные, которые в сложных системах представляют наложение многих различных более или менее независимых причин, могут рассматриваться как суммы случайных переменных. Известно, что сумма произвольно распределенных случайных переменных приближенно распределены по нормальному закону, причем тем ближе, чем больше членов этой суммы. Это служит основой того, что многие статистические распределения при достаточном объеме выборки хорошо аппроксимируются нормальным распределением.

В общем случае параметры распределения функциональных ограничений  $f^i(x, \theta)$  зависят от вектора  $\hat{x}$ , поэтому их представление  $f^i(x, \theta) = u^i(x) + v^i(\theta)$  на всей области  $D_x$  не всегда возможно, где  $u^i(x)$  - детерминированная составляющая функционального

ограничения,  $v^i(x)$  - его случайная компонента. Однако, если найдено оптимальное решение  $\hat{x}$  принадлежащее одной из функциональных границ (либо их пересечениям), методами нелинейного программирования, то для вектора  $\hat{x}$  представление вида возможно.

Пусть  $v^i(\theta)$  имеет нормальное распределение с плотностью

$$\varphi_v = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(f^i)} e^{-\frac{(f^i - M(f^i))^2}{2\sigma(f^i)^2}} \quad (4)$$

Здесь  $M(f^i)$  - это математическое ожидание функционального ограничения,  $\sigma(f^i)$  - его среднее квадратическое отклонение.

Интегрируем (4) в пределах от  $-\infty$  до 0

$$P[f^i(x, \theta) \leq 0] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(f^i)} \int_{-\infty}^0 e^{-\frac{(f^i - M(f^i))^2}{2\sigma(f^i)^2}} df^i \quad (5)$$

После введения новой переменной  $v^i = (f^i - M(f^i)) / \sigma(f^i)$ , получим

$$P[f^i(x, \theta) \leq 0] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{k^i} e^{-(v^i)^2/2} dv^i$$

где  $k^i = -M(f^i) / \sigma(f^i)$ , тогда можно записать

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{k^i} e^{-(v^i)^2/2} dv^i \geq p_i \quad (6)$$

или

$$-M(f^i) / \sigma(f^i) \geq k(p_i) \quad (7)$$

Откуда окончательно получим

$$M[f^i(x, \theta)] + k(p_i)\sigma[f^i(x, \theta)] \leq 0 \quad i = \overline{1, m} \quad (8)$$

Выражение (8) - представление функциональных ограничений в вероятностной форме.  $k(p_i)$  - квантиль нормального закона распределения.

Последовательность оптимизации выделенного класса задач с использованием их стохастических моделей включает три этапа:

а) первый этап - поиск оптимального решения на детерминированной модели;

б) второй этап - статистический анализ функциональных ограничений в окрестности оптимального решения, полученного на первом этапе, и построение области допустимых решений задачи по вероятности;

в) третий этап - поиск оптимального решения для новой системы функциональных ограничений.

На первом этапе оптимизации значения всех параметров принимаются номинальными, помехи не учитываются, т.е. используется детерминированный аналог исходной стохастической модели. Поиск оптимального решения задачи осуществляется известными методами нелинейного программирования.

В последние годы для оптимизации нелинейных задач с большим числом варьируемых параметров хорошо показали себя методы случайного поиска, которые используют информацию лишь о значениях целевой функции. Как показала практика, такой подход к оптимизации нелинейных задач более целесообразен с различных точек зрения, чем детерминированные алгоритмы.

На втором этапе рассматривается стохастическая модель, т.е. в расчет включаются помехи. Задачей этого этапа является определение закона распределения функциональных ограничений в точке оптимума, полученного на первом этапе, и параметров их распределения методом статистических испытаний.

При решении третьего этапа задачи вновь имеется возможность использовать детерминированную модель объекта, вводя следующее допущение: в малой области, которой принадлежат решения детерминированной  $\hat{x}$  и стохастической  $x^*$  задач, дисперсия функционального ограничения не меняется. На этом этапе происходит как бы отход от детерминированного решения  $\hat{x}$  на «рубеж», соответствующий заданной вероятности безотказного функционирования системы. Направление движения при этом может быть выбрано по антиградиенту функционального ограничения, либо по их линейной комбинации (в случае прохождения нескольких границ в области оптимального решения  $\hat{x}$ ).

Для оценки случайных параметров функциональных ограничений используются обычные формулы математической статистики.

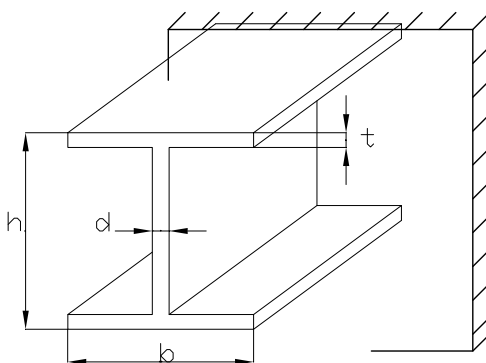
$$M[f^i(x, \theta)] = \sum_{j=1}^n f^i(x, \theta) / n \quad (9)$$

$$\sigma^2[f^i(x, \theta)] = \frac{n \sum_{j=1}^n [f^i(x, \theta)]^2 - \left[ \sum_{j=1}^n [f^i(x, \theta)] \right]^2}{n(n-1)}, \quad (10)$$

где  $n$  - объем выборки. Оптимальное решение с учетом ограничений по вероятности  $x^*$  находится вновь в результате решения задачи оптимизации детерминированным методом, но с учетом формулы 8. При этом сделаем предположение: в малой окрестности  $\varepsilon \leq \|\hat{x} - x^*\|$  параметры распределения функциональных ограничений не меняются. Итак, минимизируем функцию

$$f^0(x, \theta)$$

В качестве примера исследования рассмотрим кронштейн имеющий форму двутаврового сечения (Рис. 2) с оптимальными параметрами, полученными при решении детерминированной задачи [1]. Основные размеры поперечного сечения и характеристики материала кронштейна приведены в табл. 1.



**Рис 2**



Таблица 1

| h (см) | b (см) | d (см) | t (см) | l (см) | F (см <sup>2</sup> ) | $f_1$  | $f_2$   | P (кг) |
|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|---------|--------|
| 39,6   | 7,61   | 0,5    | 1,09   | 150    | 35,3                 | -0,703 | -0,0004 | 2000   |

В реальных условиях эксплуатации конструкция подвергается воздействию нагрузок, имеющих случайную природу, кроме того характеристики материала и основные размеры кронштейна, приведенные в таблице, имеют разброс из-за несовершенства технологий изготовления, а также из-за ошибок производства. Случайные величины варьируются в заданных допусках, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

| $\Delta P$ (кг) | $\Delta E$ (кг/см <sup>2</sup> ) | $\Delta [\sigma]$ (кг/см <sup>2</sup> ) | $\Delta l$ (см) | $\Delta h$ (см) | $\Delta b$ (см) | $\Delta d$ (см) |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 100             | 10000                            | 80                                      | 7,5             | 1,5             | 0,5             | 0,05            |

Для простоты исследования примем, что все случайные параметры имеют нормальное распределение, при этом  $\Delta x_i = 3\sigma_i$ . Решая задачу  $n$  раз ( $n=150$ ) получаем статистические характеристики функциональных ограничений, которые приведены в табл. 3.

Таблица 3

| $M(f_1)$ | $D(f_1)$ | $\sigma_1$ | $M(f_2)$ | $D(f_2)$ | $\sigma_2$ |
|----------|----------|------------|----------|----------|------------|
| -0,703   | 0,000169 | 0,013      | -0,00185 | 0,00431  | 0,0656     |

В дальнейшем задаваясь вероятностью неразрушения конструкции, определяем новые значения функциональных ограничений в точке оптимального решения, полученной при решении детерминированной задачи. Наконец для заданных вероятностных условий неразрушения кронштейна обычным детерминированным методом определяем параметры поперечного сечения кронштейна.

Окончательные результаты решения приведены в табл. 4.

Таблица 4

| P     | F (см <sup>2</sup> ) | h (см) | b (см) | d (см) | t (см) |
|-------|----------------------|--------|--------|--------|--------|
| 0.9   | 38                   | 40     | 6,37   | 0,5    | 1,53   |
| 0.99  | 39,8                 | 40     | 7,1    | 0,5    | 1,53   |
| 0.999 | 41,4                 | 40     | 7,49   | 0,5    | 1,53   |

### Вывод:

Разработанный вероятностный подход к оптимизации задач выделенного класса (оптимальное решение принадлежит границе области допустимых значений параметров), кроме сокращения вычислительных затрат (связанных с использованием методов стохастического программирования), позволяет выявить значительное преимущество в улучшении выбранного критерия эффективности проектируемых систем, по сравнению с их детерминированными методами расчета по совокупности неблагоприятных комбинаций отклонений параметров и характеристик систем от их номинальных значений, что часто применяется на практике. При этом надежность функционирования систем конструкции может быть выбрана с учетом их предназначения.

### Литература:

1. Барыкин А.Б., Гуляев А.С. – Методы нелинейного программирования в проектировании элементов конструкций.
2. Ермольев Ю.М. – Методы стохастического программирования М., «Наука», 1976 г.
3. Ермольев Ю.М. и др. – Математические методы исследования операций. К., «Вища школа», 1979 г.
4. Моисеев Н.Н. – Математические задачи системного анализа. М., «Наука», 1981 г.
5. Уайлд Д.Дж. – Методы поиска экстремума. М., «Наука», 1967 г.
6. Чемодуров В.Т. – Поиск оптимума в задачах с ограничениями по вероятности. Л., ВМА, 1981 г.
7. Чемодуров В.Т. – Прикладные методы статистического оценивания. Л., ВМА, 1981 г.

**Кириленко В.Ф., к.т.н., доцент; Пинчук Е.А., магистрант**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **К вопросу распределения касательных напряжений в балках переменной высоты.**

*На основе общих выражений для определения касательных напряжений в балках прямоугольного и двутаврового сечения выполнен анализ всех возможных решений при построении эпюр в элементах симметричного и несимметричного профиля.*

### **Балки, напряжения, переменное сечение.**

**Постановка задачи.** В различных областях техники, включая и строительные конструкции, применяются изгибаемые элементы, в которых с целью уменьшения собственного веса и придания рациональности конструкции сечение выполнено переменным по длине. Поперечное сечение таких элементов в большинстве случаев выполняют прямоугольным, двутавровым или коробчатым, а изменение сечения чаще всего выполняют путём изменения высоты элемента. Переменность высоты в свою очередь оказывает существенное влияние на напряженное состояние и исчерпание прочности, при этом классическая теория балок для определения напряжений здесь неприемлема.

Особый интерес указанные вопросы вызывают для балок, выполненных из анизотропных материалов с малой сдвиговой прочностью и прочностью поперёк оси балки, в частности, древесины. Применяемые в настоящее время методы расчёта односкатных и двускатных дощатоклееных и деревофанерных балок и рам прямоугольного и двутаврового (коробчатого) сечения при определении напряжений не учитывают влияние переменности сечения и это обстоятельство вызывает сомнения не только в достоверности определения прочности, но и снижает надёжность конструкции ещё на стадии её проектирования.

### **Анализ имеющихся публикаций и задачи исследования.**

Для определения напряжённого состояния элементов переменного сечения по длине применяют аналитические и численные ме-

тоды. К аналитическим методам, в первую очередь, необходимо отнести точные методы теории упругости, имеющиеся для ограниченного класса задач изгиба симметричных и несимметричных клиньев при действии сосредоточенной силы или момента, приложенного в вершине, а также действия нагрузки, распределенной вдоль одной из сторон [1]. Эти решения, за исключением задач определения напряжений при действии равномерно распределенной нагрузки и нагрузки, распределенной по линейному закону ( расчет подпорных стен ), непосредственно не применяются в практических расчетах, однако показывают возможность использования линейного закона нормальных напряжений при малых ( до 15-20° ) углах наклона граней.

Приближенные способы, основанные на гипотезах и методах сопротивления материалов, применены в задачах определения касательных напряжений в симметричных относительно продольной оси балках [2-4] и несимметричных [5-7]. В перечисленных работах вывод формул для вычисления касательных напряжений и их окончательная запись выполнены по разному, отсутствует общий подход для балок прямоугольного и двутаврового сечения, не выполнен анализ распределения напряжений в симметричных и несимметричных балках. Указанные вопросы и поставлены задачами настоящего исследования.

**Касательные напряжения в симметричных балках.** Общее выражение для определения касательных напряжений в балках прямоугольного и двутаврового сечения имеет вид [ 4 ]

$$\tau = \frac{QS}{bI} + \frac{M}{bI} \frac{dS}{dx} - \frac{MS}{bI^2} \frac{dI}{dx}, \quad (1)$$

где  $M, Q$  – изгибающий момент и поперечная сила в рассматриваемом сечении,

$S$  – статический момент отсечённой части сечения относительно нейтральной оси,

$I$  – момент инерции сечения,

$\frac{dS}{dx}, \frac{dI}{dx}$  – производные от функций статического момента и момента инерции.

Выражение ( 1 ) запишем таким образом, чтобы объединить слагаемые, содержащие  $S/bI$ . В результате этого получим

$$\tau = \left( Q - \frac{M}{I} \frac{dI}{dx} \right) \frac{S}{bI} + \frac{M}{bI} \frac{dS}{dx} . \quad (2)$$

Применяя скользящую систему координат, когда начало помещается в центре рассматриваемого сечения, для прямоугольного сечения имеем

$$S = \frac{b}{2} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right), \quad \frac{dS}{dx} = \frac{1}{4} b h \frac{dh}{dx}, \quad I = \frac{bh^3}{12},$$

$$\frac{dI}{dx} = \frac{1}{4} b h^2 \frac{dh}{dx} \quad (3)$$

где  $b$ ,  $h$  – ширина и высота сечения.

Подстановка этих выражений в (2) даёт

$$\tau = \left( Q - \frac{M}{I} \frac{bh^2}{4} \frac{dh}{dx} \right) \frac{S}{bI} + \frac{M}{I} \frac{h}{4} \frac{dh}{dx} . \quad (4)$$

После некоторых преобразований с учетом того, что для симметричных балок с линейно изменяющейся высотой производная  $dh/dx = 2tg\alpha$ , получим

$$\tau = \left( Q - \frac{6M}{h} tg\alpha \right) \frac{S}{bI} + \frac{M}{I} \frac{h}{2} tg\alpha . \quad (5)$$

В этом выражении первое слагаемое по своей структуре представляет собой известную формулу Д.И. Журавского, в которой поперечная сила представлена в выражении в круглых скобках. Здесь вычитаемое  $6Mtga/h$  по своей сути является дополнительной поперечной силой, вызванной наличием в сечении изгибающего момента. Второе слагаемое не зависит от ординаты  $y$  и даёт постоянное значение, равное

$$\tau_{\kappa} = \frac{M}{I} \frac{h}{2} tg\alpha = \sigma_{\kappa} tg\alpha , \quad (6)$$

где  $\tau_k, \sigma_k$  – касательные и нормальные напряжения на контуре балки.

При построении эпюр распределения касательных напряжений по высоте сечения необходимо учесть, что первое слагаемое в (5) даёт параболический характер распределения с нулевыми точками на контуре и максимальными значениями на нейтральной оси, второе – постоянное значение во всех точках сечения. В зависимости от соотношения величины изгибающего момента и поперечной силы можно получить следующие эпюры, показанные на рис. 1

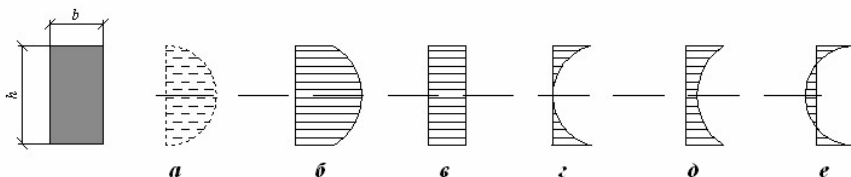


Рис. 1. Эпюры касательных напряжений в симметричных балках переменной высоты

*Рассмотрим некоторые частные случаи.*

При отсутствии в сечении изгибающего момента, например, на опорах свободноопёртой балки, эпюра  $\tau$  имеет вид, показанный на рис. 1а. Эта эпюра показана пунктиром, так как здесь закон распределения напряжений определяется способом приложения сил (опорных реакций).

1. При отсутствии поперечной силы  $Q$  из (5)

$$\tau = \left( \frac{M}{I} \frac{h}{2} - \frac{6MS}{hbI} \right) \operatorname{tg} \alpha. \quad (7)$$

В этом случае на контуре балки касательные напряжения определяются согласно (6), на нейтральной линии статический момент  $S = bh^2/8$ , тогда

$$\tau = \left( \frac{M}{I} \frac{h}{2} - \frac{6Mbh^2}{8hbI} \right) \operatorname{tg} \alpha = -\frac{M}{I} \frac{h}{4} \operatorname{tg} \alpha. \quad (8)$$

Таким образом, значение касательных напряжений на нейтральной оси в два раза меньше контурных с противоположным знаком и эпюра в этом случае имеет вид, показанный на рис. 1е. Из выражения ( 5 ) следует, что в частном случае при условии, что первое слагаемое превращается в нуль и распределение напряжений имеет вид, показанный на рис. 1в.

$$Q = 6Mtg\alpha / h \quad (9)$$

В качестве примера на рис. 2 показаны эпюры касательных напряжений в консольной балке шириной  $b$  и длиной  $l$  при действии силы  $P$ , приложенной на конце. Высота сечения на свободном конце  $h_0$ , в закреплении  $2h_0$ . Изменение сечения по линейному закону

$$h = h_0 + 2x tg\alpha . \quad (10)$$

Из рис. 2 отчётливо видно, как с увеличением изгибающего момента при продвижении к месту закреплению меняется характер эпюр из выпуклых на вогнутые ( см. также рис. 2 б, в, д ). В средней части балки имеет место 3 случая. Внутренние усилия в балке при помещении начала координат на свободном конце

$$Q = -P , \quad M = -Px .$$

Проверим условие (9):

$$-P = -\frac{6Px}{h} tg\alpha .$$

С учётом (10) это условие запишется в виде

$$h_0 + 2x tg\alpha = 6x tg\alpha ,$$

откуда положение сечения с равномерным распределением касательных напряжений по высоте сечения определится из условия

$$x = \frac{h_0}{4tg\alpha} .$$

Тангенс угла наклона граней балки определится из геометрии балки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2h - h_0}{2l} = \frac{h_0}{2l}. \quad (11)$$

С учётом этого сечение будет находиться на расстоянии  $x=l/2$ .

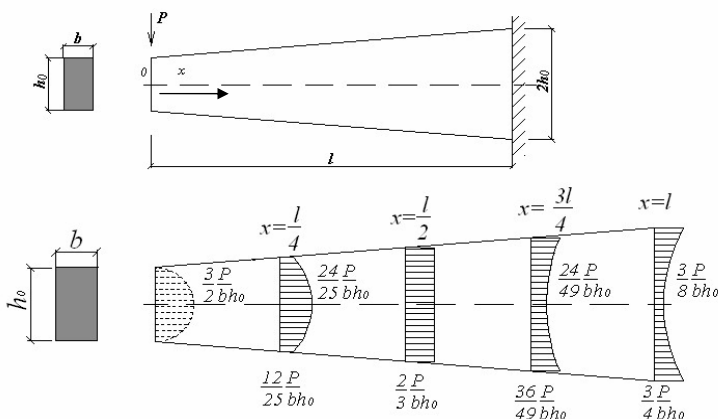


Рис. 2. Касательные напряжения в симметричной консольной балке.

Необходимо отметить, что при малых углах наклона граней значения касательных напряжений в указанном примере практически не отличается от точного решения теории упругости для усеченного клина, полученного нами ранее [ 9 ].

**Касательные напряжения в несимметричных балках.** Для несимметричных балок прямоугольного и двутаврового сечения, одна из граней которых горизонтальна, выражение для определения касательных напряжений, полученное нами ранее, имеет вид [8]

$$\tau = \frac{QS}{bI} + \frac{M}{bI} \left( \frac{dS}{dx} + \frac{1}{2} by \frac{dh}{dx} \right) - \frac{MS}{bI^2} \frac{dI}{dx}. \quad (12)$$

Это выражение отличается от (1) для симметричных балок только наличием второго слагаемого в круглых скобках, появление которого вызвано тем, что нейтральная ось в данном случае не горизонтальна. Здесь, как и ранее, геометрические характеристики для прямоугольного сечения определяются согласно (3), а положительный отсчёт ординаты  $y$  принят по направлению к наклонной грани балки.



Для балок прямоугольного сечения с линейно изменяющейся высотой ( $dh/dx = \operatorname{tg} \alpha$ ) с учётом объединения членов, содержащих множитель  $S/bI$ , получим

$$\tau = \left( Q - \frac{3M}{h} \operatorname{tg} \alpha \right) \frac{S}{bI} + \frac{M}{2I} \left( \frac{h}{2} + y \right) \operatorname{tg} \alpha. \quad (13)$$

Выражение (13) по своей структуре аналогично (5), однако дополнительная поперечная сила в сечении, вызванная действием изгибающего момента, в два раза меньше, а второе слагаемое даёт линейное распределение напряжений с нулевым значением на горизонтальной грани ( $y = -h/2$ ) и значением согласно (6) на наклонной грани при  $y = h/2$ .

При суммировании первого и второго слагаемого в (13) в зависимости от соотношения величины поперечной силы и изгибающего момента для несимметричных балок можно получить эпюры, показанные на рис. 3.

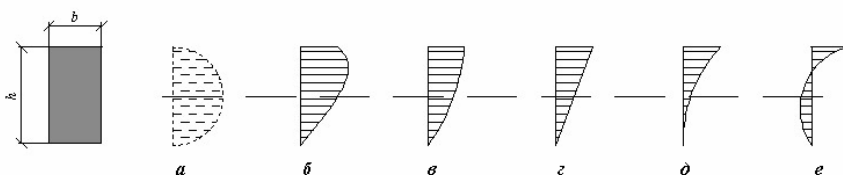


Рис. 3. Эпюры касательных напряжений в несимметричных балках с нижней горизонтальной гранью

Здесь более подробно остановимся на двух частных случаях:

1. В рассматриваемом сечении имеет место равенство  $Qh = 3Mt \operatorname{tg} \alpha$ . В этом случае согласно (13) выражение в скобках равно нулю и распределение касательных напряжений по высоте сечения имеет вид, показанный на рис. 3г.

2. При отсутствии в сечении поперечной силы  $Q = 0$  выражение (13) имеет вид

$$\tau = -\frac{3M}{h} \frac{S}{bI} \operatorname{tg} \alpha + \frac{M}{2I} \left( \frac{h}{2} + y \right) \operatorname{tg} \alpha. \quad (14)$$

Для этого случая, как и при наличии поперечной силы касательные напряжения на верхнем контуре  $\tau_k$  определяются согласно ( 6 ), а значения напряжений на нейтральной оси  $\tau_{no}$  для балки прямоугольного сечения найдём из ( 14 ) при  $y=0$ ;  $S=bh^2/8$ :

$$\tau_{no} = -\frac{1}{8} \frac{M h}{I} \operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{4} \frac{M h}{2 I} \operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{4} \sigma_k \operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{4} \tau_k. \quad (15)$$

При параболическом распределении касательные напряжения на нейтральной оси в четыре раза меньше контурных с противоположным знаком ( рис. 3е ).

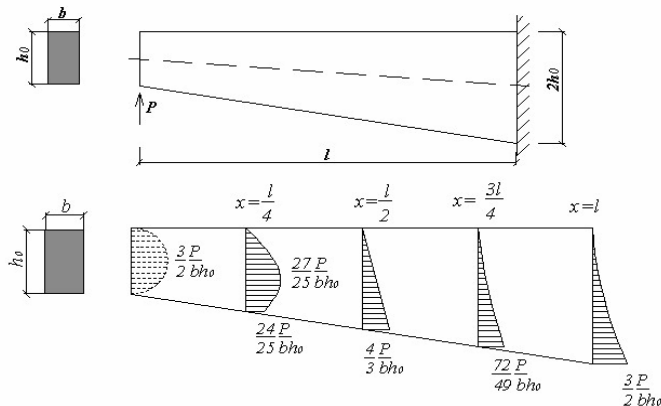


Рис. 4. Напряжения в консольной балке с верхней горизонтальной гранью.

В качестве примера на рисунке 4 показаны эпюры распределения касательных напряжений в консольной балке длиной  $l$  с верхней горизонтальной гранью при действии силы  $P$  на свободном конце. Высота левого сечения  $h_0$ , высота сечения в месте защемления  $2h_0$ , тангенс угла наклона грани  $\operatorname{tg} \alpha = h_0/l$ .

Из рисунка видно, что в несимметричной консольной балке эпюры распределения касательных напряжений по длине балки изменяются от выпуклых на левом конце до вогнутых на правом, причём в середине балки имеет место частный случай, когда закон изменения напряжений по высоте сечения линейный. В левой четверти длины балки имеет место случай, показанный на рис. 3б, когда максимальные напряжения возникают не на контуре балки.

Необходимо отметить, что для указанного примера при малых углах наклона грани характер распределения касательных напряжений и их величина практически не отличается от точного решения.

### Выводы:

1. В отличие от балок постоянной высоты характер распределения касательных напряжений в сечении элементов переменной высоты зависит как от расположения нейтральной оси по отношению к продольным граням балки, так и от соотношения поперечной силы и изгибающего момента.

2. Для симметричных консольных балок при углах наклона грани до  $10^\circ$  и несимметричных (односкатных) с углом наклона до  $15-20^\circ$  значения касательных напряжений отличаются от точных решений не более чем на 4-5%.

### Литература

1. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560 с.
2. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1973. – 400 с.
3. Тимошенко С.П., Гере Дж. Механика материалов. – М.: Мир, 1976. – 669 с.
4. Кириленко В.Ф., Захаров М.Н. Скалывающие напряжения в двутавровых элементах переменной высоты // Стр-во и техногенная безопасность: Сб. научн. тр. / КИПКС. – Симферополь, 1999. – С. 22-28.
5. Справочное руководство по древесине/ пер. с англ. Я.П. Горелика и Т.В. Михайловой. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 544 с.
6. Ali S.M., Sarna S.I. Stress trajectories and stress contours in tapered beams // Strain. - 1978. - v. 14. - № 2. - P. 58-61.
7. Кириленко В.Ф. Касательные напряжения в дощатоклееных балках переменной высоты // Изв. вузов. Стр-во и архит. - 1979. - № 10. - С. 22-26.
8. Кириленко В.Ф., Махновский В.Л. К вопросу расчета деревофанерных балок переменной высоты // Науковий вісник будівництва – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ.- Вип. 8 – 1999. – С. 164-168.
9. Кириленко В.Ф., Мотина В.Г. Напряжения в усеченной клинообразной балке прямоугольного сечения // Строит-во и техн. Безопасность: Сб. научн. тр. / КИПКС. – Симферополь, 1999. – С. 29-33.

**Синцов В.П. к.т.н., доцент, Синцов А.В. ассистент**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **О работе составной деревянной балки со стенкой из OSB.**

*Исследовано напряженно-деформированного состояние (НДС) элементов составной деревянной балки. Приведены результаты экспериментальных исследований двутавровой составной балки и численных исследований на расчетной компьютерной модели, созданной в ПК «Лира». Представлены данные сравнительного анализа результатов натурного и численного экспериментов.*

**Ключевые слова:** деревянная балка составная, пояса из древесины, плита OSB, метод конечного элемента, расчетная модель.

**Постановка задачи.** Клееные цельнодеревянные конструкции или деревянные в сочетании с фанерой нашли широкое применение в несущих и ограждающих частях зданий промышленного, гражданского, сельскохозяйственного назначения и в мостах. Составные клееные балки применяют в несущих конструкциях каркасов малоэтажных зданий, их изготавливают прямоугольного и двутаврового сечений. Для двутавровых балок в последнее время в качестве стенки использован лист из OSB.

Ориентированно-стружечная плита из плоской древесной щепы – OSB или Oriented Strand Board – изготовлена при высоком давлении и температуре путем прессования плоской древесной щепы. В качестве связующих материалов для OSB использованы синтетические смолы. Таким образом, OSB имеет улучшенные водостойкие характеристики. Плиту изготавливают методом прессования плоской древесной щепы при высоком давлении и температуре с использованием в качестве связующих материалов водостойких синтетических смол.

Существенным отличием плит OSB от других плитных материалов является то, что прочностные свойства и способность удерживать крепеж обеспечена не связующим, а характером укладки щепы – при нагружении в процессе эксплуатации длинные щепы передают нагрузку друг через друга, образуя единый конструкционный элемент, свободный от концентраторов напряжений, и соче-

тающий в себе высокую прочность с высокой эластичностью. Крепёж (шурупы, кольцевые гвозди, строительные скобы и пр.) удерживаются не плотностью связующего, а многочисленными тонкими щепами, ориентированными в плоскости, перпендикулярной к оси крепёжных элементов.

Плита OSB содержит свыше 90% древесины хвойных пород и изготовлена из стволов деревьев небольшого диаметра, получаемых с санитарной прорубки лесов, которые подвергают окорке, распиловке и лущению на плоскую щепу длиной 150 мм, толщиной 0,4-0,7 мм и шириной 5-50 мм. Уникальные физико-механические параметры плиты обусловлены размерами и характером укладки щепы – длинные тонкие щепы (длина – до 140 мм, толщина – до 0,6 мм) укладываются в ковре тремя слоями. Внешние слои образованы щепой, ориентированной параллельно длине готовой плиты. Во внутреннем слое щепы уложены перпендикулярно длине готовой плиты. Благодаря такой ориентации плоской щепы мы получаем конструкционный материал с изотропными свойствами – повышенной прочностью на изгиб и повышенной упругостью вдоль главной оси плиты. По сути, OSB – это "улучшенная древесина" – более прочная и эластичная за счёт сохранения в плоской щепе всех полезных свойств массива древесины, при отсутствии таких дефектов, как сучки, и изменение направления волокон в связи с естественными условиями роста дерева.

В зарубежной литературе приведены данные по механическим характеристикам плит OSB, однако отсутствует информации о прочности материала при растяжении и коэффициенте Пуассона [1].

Двухтавровая балка со стенкой из плиты OSB. Исключительные параметры таких балок являются результатом свойств характерных двухтавровому сечению, а также высокого качества составных материалов – слоёв из клееного дерева и полотна из плиты OSB 3 (Рис.1). Составные элементы балки подвергают прессовке в специальных прессах с использованием водостойких клеев, благодаря чему они достигают высокую жесткость и гарантированную стабильность размеров. Благодаря точной разработке продукта исчезла проблема скрипа и скручивания деревянных балок. Перекрытия, изготовленные из таких двухтавровых балок, отличаются более высокой термической изоляционной характеристикой по сравнению с традиционными бетонными перекрытиями. Двухтавровая балка идеально подходит для каркаса крыш, перекрытий и стен. Благодаря

малому собственному весу монтаж балок прост (не требуется подъёмный кран) [2,3].



**Рис. 1. Двутапровая балка Kropopol I-BEAM**

В данной статье рассмотрена работа составной двутапровой балки со стенкой из плиты OSB. Особенность данной составной двутапровой балки состоит в том, что соединения деревянных поясов со стенкой выполнены с помощью металлических нагелей – шурупов (Рис. 2). На полезную модель балки данной конструкции авторами получен патент Украины № 42078 [4].



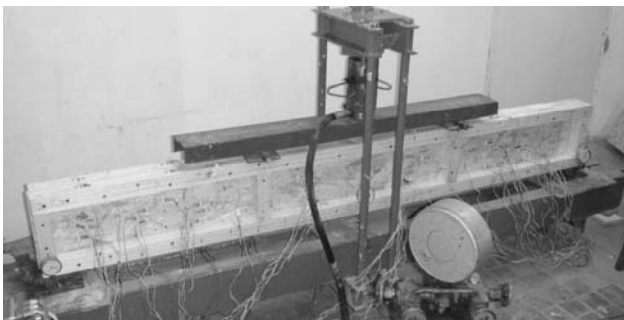
**Рис. 2. Фрагмент составной двутапровой балки со стенкой из плиты OSB, соединенной с поясами с помощью металлических нагелей - шурупов**

Расчет составной деревянной балки со стенкой из плиты OSB, соединенной с поясами с помощью металлических нагелей - шурупов выполнен по методу приведенного поперечного сечения [5] с учетом загрузки балки системой двух сил (Рис.3). Определены значения расчетной нагрузки  $P_{теор}$  и теоретического прогиба  $f_{теор}$ .

**Методы исследований.** Задача исследований состояла в определении напряженно-деформированного состояния элементов составной деревянной балки и выявления опасных участков по длине балки. При изучении напряженно-деформированного состояния элементов составной деревянной балки применены экспериментальный и численный методы исследований [6,7].

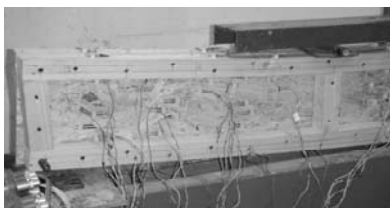
**Экспериментальная часть.** Для экспериментального образца составной деревянной балки использована древесина-сосна второго сорта для поясов сечением после острожки 40х40 мм и плита OSB толщиной 8 мм высотой 250 мм, имеющих весьма обширный ареал распространения в Украине и часто используемых в производстве.

Испытания составной двутавровой балки проводили под действием статической нагрузки, прикладываемой ступенями по 160 кг, что составляло примерно 0,1 от разрушающей нагрузки. Нагружение образца осуществляли гидравлическим домкратом грузоподъемностью 5 тонн.



**Рис. 3. Фрагмент составной двутавровой балки со стенкой из плиты OSB, соединенной с поясами с помощью металлических нагелей – шурупов**

Для определения деформаций в 7-ми сечениях балки были поклеены тензорезисторы с базой 20 мм, в трех сечениях установлены индикаторы часового типа для определения прогибов балки в середине пролета и на опорах. После каждой ступени нагрузки снимали отсчеты по всем тензорезисторам и индикаторам. Момент испытаний составной деревянной балки представлен на рис.3.

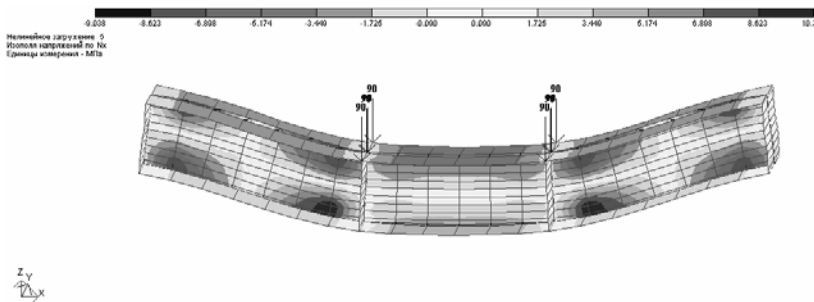


**Рис. 4. Фрагмент балки с признаками разрушения после испытания: а - сдвиг стенки на левой опоре; б – трещина от растягивающих усилий в пролете у левого ребра жесткости**



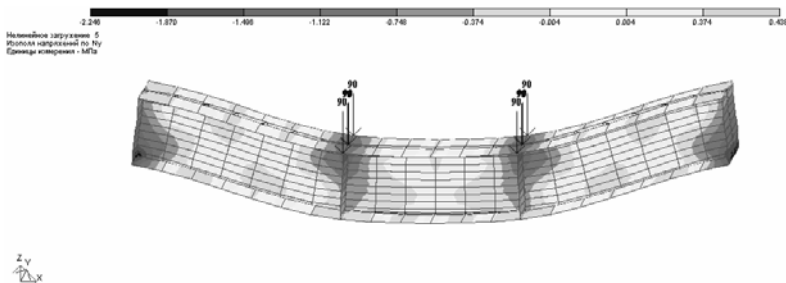


чений  $S_x = 10,3$  мПа у нижнего пояса и максимальных сжимающих значений  $S_x = 9,03$  мПа - у верхнего пояса.



**Рис. 6. Изополя нормальных продольных напряжений  $S_x$  в элементах составной балки.**

На рис. 7 представлены изополя нормальных поперечных напряжений  $S_y$  в элементах балки. Нормальные поперечные напряжения в стенке из OSB достигают максимальных значений в опорных сечениях и местах приложения внешней нагрузки и соответственно равны  $S_y = 2,23$  мПа и  $S_y = 1,83$  мПа.



**Рис. 7. Изополя нормальных поперечных напряжений  $S_y$  в элементах составной балки.**

Анализируя результаты экспериментальных и численных исследований можно заключить следующее:

- составная деревянная балка со стенкой из OSB, соединенной с поясами металлическими нагелями в упругой стадии работы имеет прогибы не превышающие нормативные ( $f_{экспер} = 0,91 f_{теор}$ );
- разрушение балки происходит в результате появления трещины от растягивающих усилий у нижнего пояса балки вблизи ребер

жесткости при нагрузке значительно превышающей расчетную нагрузку  $P_{теор}$ ;

- частичное разрушение балки происходит от смятия стенки в верхней зоне в месте примыкания ее к ребру жесткости от значительных сжимающих усилий у верхнего балки вблизи;

- возможность обоих видов разрушения подтверждают изополя нормальных продольных напряжений в стенке расчетной модели;

- в опорных сечениях и местах приложения нагрузки уровень нормальных напряжений значительно ниже, поэтому разрушения от смятия не происходит, что также подтверждают изополя нормальных поперечных напряжений в элементах расчетной модели;

### Вывод

Экспериментальные и численные исследования показали удовлетворительную несущую способность составной деревянной балки со стенкой из OSB, соединенной с поясами металлическими нагелями, принимая во внимание, что разрушающая нагрузка значительно превышала расчетную.

Деформативность деревянной балки со стенкой из OSB, как и в составных дощато-гвоздевых балках, в определенной мере зависит от шага металлических нагелей в зоне соединения поясов со стенкой.

### Литература

1. EN 300. Плиты ориентированностружечные. Технические условия.
2. ТУ УВ 2.7-22794685-001.2005. Двухавровые деревянные балки. Технические условия. ООО «ПОЛ и К».
3. Стоянов В.В. «Экспериментальные исследования двухавровых деревянных балок». Сб. научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины». Ч.1. – Одесса, 2005, стр. 208-213.
4. Сінцов В.П., Митрофанов В.О., Сінцов О.В. МПК (2009) E04C 3/12 Балка складена. Патент України № 42078, опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12
5. СНиП II-25-80. «Деревянные конструкции. Нормы проектирования». – М.: Стройиздат, 1982.
6. ГОСТ 9622-87. Древесина слоистая клееная. Методы определения предела прочности и модуля упругости при растяжении. – М.: ИПК, 1988.
7. Пакет прикладных программ «Лира W. 9.4». К., НИИАС, 2004.

**Хотнянская Е.В.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

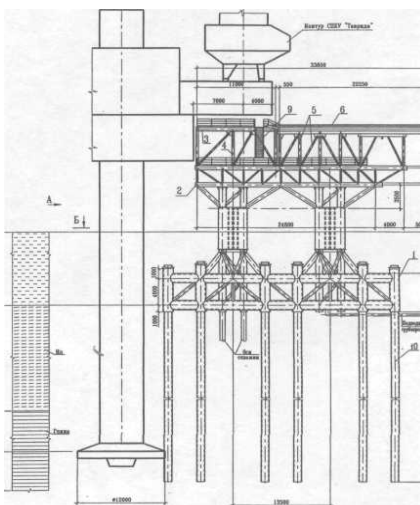
**Исследование напряженно-деформированного состояния элементов опорного блока морской стационарной платформы.**

Работа посвящена вопросу исследования напряженно деформированного состояния элементов опорного блока морской стационарной платформы, установленной в Азовском море на Восточно – Казантипском месторождении. Рассмотрено ледовое воздействие на ледостойкий опорный блок. Далее опорный блок был конструктивно изменен и к нему также было приложено ледовое воздействие. Выполнен расчет, построены изополя напряжений и перемещений, сделаны выводы.

Разработка нефтяных и газовых месторождений в морских районах покрывающихся в зимний период льдом, являются сложной инженерной задачей. Рассматривая морские стационарные платформы (МСП) необходимо тщательно подходить к вопросам прочности и устойчивости сооружения, особенно во время ледового воздействия, так как ледовые воздействия являются наиболее неблагоприятным внешним фактором.

Важным вопросом является совершенствование конструктивной формы ледостойких морских стационарных платформ.

При проектировании ледостойкой морской стационарной платформы задача состоит в разработке конструктивной схемы сооружения, позволяющей снизить негативное воздействие льда. Этого достигают путем создания конусной конструктивной формы стойки в зоне контакта со льдом морской стационарной платформы.

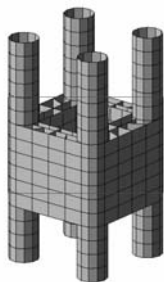


В качестве базовой модели был принят ледостойкий блок морской стационарной платформы установленной в Азовском море на Восточно – Казантипском месторождении.

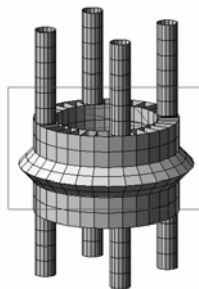
В приведенной конструкции ледостойкого блока оптимально сочетается количество скважин и необходимое количество колонн. Колонна представляет собой составное сечение из труб: 1420х16,5; 1020х14 с инъектированным в межтрубное пространство бетонным раствором и объединяющих между собой артротропной пластиной. Такое сечение колонн рассчитано на восприятие местной (сминающей) и общей ледовой нагрузки с передачей последней через решетчатый ростверк на сваи. Расстояние между колоннами принято в соответствии с технологией и исключает скопление и нагромождение льдин в зоне колонн, соответствует требованиям предъявленным к расстоянию между газовыми скважинами.

В предлагаемом варианте был изменен конструктивно опорный блок морской стационарной платформы в зоне контакта со льдом.

В статье приведены результаты расчетов стойки и сравнительного анализа работы существующего опорного блока и конструктивно измененной стойки опорного блока морской стационарной платформы рис.1(а,б).



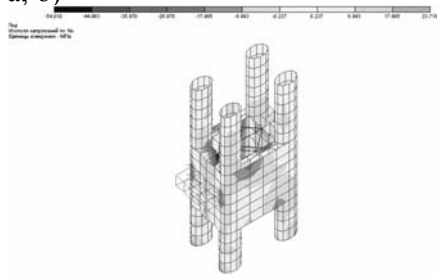
**Рис.1а Опорная стойка  
ЛМСП установленная на  
Восточно-Казантипском  
месторождении**



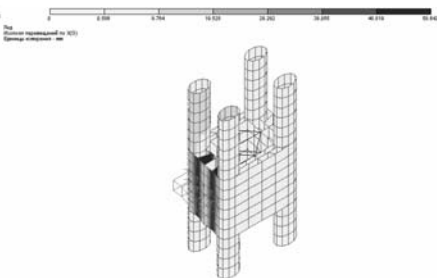
**Рис. 1б Конструктивно изме-  
ненная опорная стойка  
ЛМСП.**

К элементам опорных стоек расчей модели опорных блоков была приложена горизонтальная нагрузка моделирующая собой ледовое воздействие.

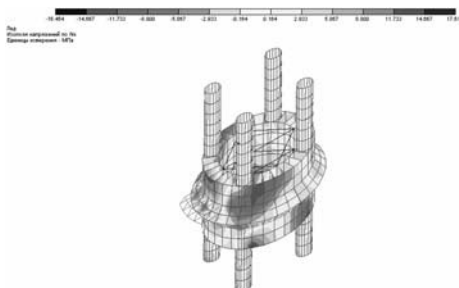
В результате расчетов получены изополя напряжений и перемещений в деформированной схеме расчетной модели базовой и конструктивно измененной представленные на (Рис 1 а, б), (Рис. 2 а, б)



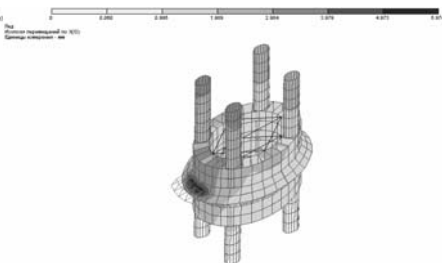
**Рис. 1б** Изополя напряжений опорной стойки ЛМСП установленной на Восточно-Казантипском месторождении



**Рис. 1а** Изополя перемещений опорной стойки ЛМСП установленной на Восточно-Казантипском месторождении



**Рис. 2а** Изополя напряжений конструктивно измененного опорного блока



**Рис. 2б** Изополя перемещений конструктивно измененного опорного блока

Результаты полученных исследований показали: напряжение в элементах предложенного варианта опорных стоек снизилось на 35-40% по сравнению с напряжением возникающим в аналогичных элементах базовой модели в точках контакта со льдом. Перемещение изменилось в элементах с 58мм базовой модели до 5 мм конструкции предложенного варианта в точках ледового воздействия. Это говорит о том, что при воздействии льда с наклонными конструкциями, ледяное поле разрушается от изгиба и возникновения трещин, а это в свою очередь ведет к снижению контактных напряжений, особенно при достаточно больших зонах контакта.

### **Вывод:**

Исходя из выше изложенного делаем вывод, что в предложенной конструкции модели опорного блока ледостойкой морской стационарной платформы напряжение и перемещение снизилось за счет цилиндрической формы и конусного уширения, что подтверждается данными сравнительного анализа.

### **Литература:**

1. А.И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Труль «Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном», Москва, Стройиздат, 1974
2. С.А. Вершинин «Конструкции ледостойких сооружений» ВИНТИ Итоги науки и техники, серия «Водный транспорт», том 13 Воздействие льда на морские сооружения шельфа, Москва, 1988.
3. С.И. Канн «Морские льды», Ленинград, Гидрометеиздат, 1972
4. Я.С. Берникер, К.А. Кашунин, Н.Н. Рыжаков «Стационарные платформы для бурения и эксплуатации газовых скважин в условиях Азовского моря» Обз. Информ. М. ВНИИЭгазпром, серия «Бурение морских нефтяных и газовых скважин», вып.1, 1983
5. Я.С. Берникер, Н.Н. Рыжаков «Конструктивные решения стационарных платформ для бурения и эксплуатации газовых скважин в условиях Азовского моря. – Бурение газовых и морских нефтяных скважин. Реф.информ./ ВНИИЭгазпром, М. вып.3, 1982
6. Пакет прикладных программ “Лира W.9.2».К., НИИАС, 2002

### **Раздел 3.**

## **Строительные материалы и изделия**

**УДК 666.596 : 666.3.016**

**Сальник В.Г., к.т.н.**

*ЗАО "Славутский комбинат "Будфарфор"*

**Свидерский В.А., д.т.н., профессор; Черняк Л.П., д.т.н.**

*Национальный технический университет Украины «КПИ»*

### **Развитие сырьевой базы и технологии производства санитарной керамики**

*Изучена возможность комплексного использования глинистого сырья отечественных и зарубежных месторождений для регулирования реологических и литейных свойств шликерных масс. Разработана масса для производства санитарной керамики, обеспечивающая интенсификацию формования изделий методом литья.*

**Керамика санитарная, глина, каолин, суспензия, текучесть, литье, масса.**

Использование санитарных керамических изделий в курортном строительстве определяется их высокими гигиеническими и эксплуатационными свойствами, обеспечивающими превосходство над изделиями аналогичного назначения из других материалов [1].

В настоящее время в Украине производится более 3 млн.шт. санитарной керамики на трех предприятиях: ЗАО "Славутский комбинат "Будфарфор" (Хмельницкая область), ЗАО "ДнепрКерамика" (г.Пологи Запорожской области), ООО "Церсанит Инвест" (г.Новоград-Волынский Житомирской области).

Дальнейшее увеличение объемов производства и повышение конкурентоспособности отечественной продукции связано с комплексным решением проблемы развития сырьевой базы и модернизации технологии.

**Особенности технологии литья санитарной керамики.** Развитие современной технологии санитарной керамики связано с ди-

ференциацией методов формования изделий – литьем в гипсовые формы на механизированных стендах и литьем под давлением в синтетические пористые формы.

В первом случае формование слоя материала толщиной 9-12 мм происходит благодаря отбору воды в поры гипса под действием сил поверх-ностного напряжения и капиллярного всасывания, при этом цикл от заливки до раз бора форм и получения полуфабриката длится 5-20 часов.

К основным недостаткам такой технологии формования относительно крупногабаритных изделий относятся значительная трудоемкость, низкая производительность, существенные затраты на изготовление и замену гипсо-вых форм (через 60 оборотов каждой).

В случае литья санитарной керамики в синтетических пористых формах интенсивный отбор воды происходит под действием внешнего давления [2,3].

Принцип действия созданного оборудования состоит в следующем: керамическая шликерная масса подается под давлением 6 бар в пространство между замкнутыми частями формы; осуществляется процесс фильтрации и формования слоя материала определенной конфигурации; после завершения формования части формы автоматически размыкаются; изделие отделяется от формы, оправляется и передается на сушку (рис. 1).

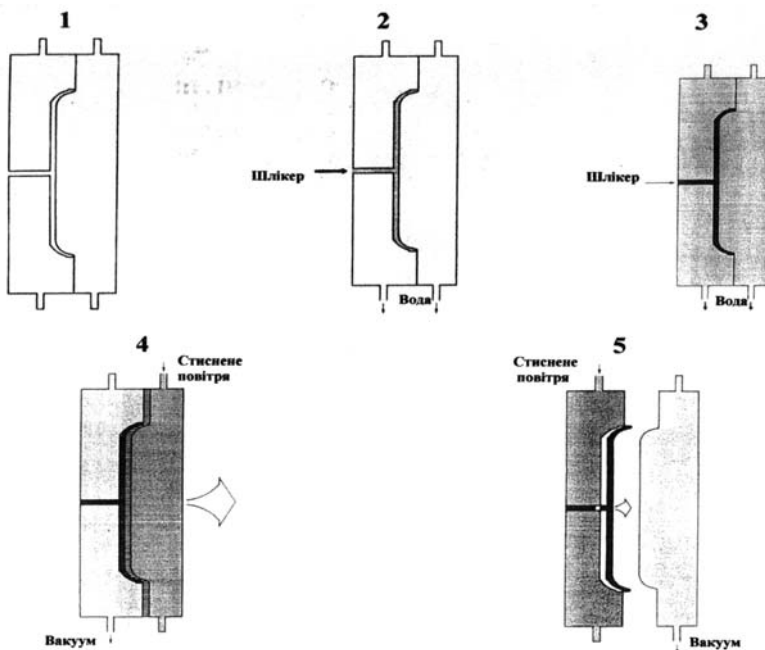
Эффективность применения технологии литья под давлением главным образом определяется интенсификацией процесса и увеличением производительности, уменьшением трудоемкости, использованием форм с длительным сроком эксплуатации 10 000 – 15 000 оборотов.

Вместе с тем, внедрение технологии литья под давлением вызывает необходимость разработки новых составов керамических масс с учетом особенностей механизма отбора воды и значительного сокращения времени формования [4], что стало предметом наших исследований в направлении комплексного применения отечественного и импортного сырья [5,6].

**Характеристика объектов исследования.** Объектами исследования стали глины и каолины, используемые в производстве санитарной керамики в Украине и ведущими европейскими компаниями - Веско-Гранитик (Андреевское месторождение Донецкой обл.), ДН-0 (Ново-Райское месторождение Донецкой обл.), ПЛГ-1 (Положское месторождение Запорожской обл.), КС-1 (Глуховецкое



месторождение Винницкой обл.), КС-1 (Просьянское месторождение Днепропетровской обл.), Santon-L и KICK-2 (месторождения Германии).



**Рис. 1. Основные стадии работы установки для литья керамики под давлением:**

**1 – замыкание формы; 2 – заполнение шликером;**

**3 – набор отливки;**

**4 – размыкание формы; 5 – отделение изделия от формы.**

Установлено (табл. 1), что согласно ДСТУ Б В.2.7-60-97 по минерало-гическому составу глина ПЛГ-1 относится к группе каолиновых, другие изучаемые глины - к группе гидрослюдисто-каолиновых, которые отличаются между собой содержанием и количественным соотношением основных породообразующих минералов – каолинита, гидрослюды и кварца. При этом глина Santon-L отличается меньшим количеством каолинита и наличием полевого шпата в виде альбита.

Таблица 1.

**Минералогический состав глин**

| Глина              | Содержание породообразующих минералов, мас. % |                |       |        |              |                            |       |
|--------------------|-----------------------------------------------|----------------|-------|--------|--------------|----------------------------|-------|
|                    | каолинит                                      | гидро<br>слода | кварц | альбит | каль-<br>цит | гидро-<br>кисиды<br>железа | рутил |
| ПЛГ-1              | 75,0                                          | 3,7            | 14,5  | -      | 1,9          | 1,6                        | 1,3   |
| ДН-0               | 65,2                                          | 12,5           | 16,5  | -      | 2,5          | 1,0                        | 1,1   |
| Веско-<br>Гранитик | 54,1                                          | 17,3           | 24,4  | -      | 1,4          | 1,1                        | 1,3   |
| Santon-L           | 47,4                                          | 14,2           | 24,9  | 6,0    | 4,1          | 1,2                        | 1,3   |

По дисперсности (табл. 2) пробы глин Веско-Гранитик, ДН-0 и ПЛГ-1 с содержанием 70,4 – 88,6 мас.% тонкодисперсных частиц фракций < 0,001 мм относятся к группе высокодисперсных. При этом проба Веско-Гранитик отличается меньшим (70,4 мас.%), а проба ПЛГ-1 (88,6 мас.%) наибольшим содержанием частиц < 0,001 мм.

Общее содержание частиц фракций < 0,01 мм в указанных пробах украинских глин находится на уровне 95,2 – 98,4 мас.%.

Таблица 2.

**Дисперсность опытных глин**

| Глина          | Содержание (%) фракций частиц (мм) |               |                |                 |                 |
|----------------|------------------------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                | 1,00-<br>0,06                      | 0,06-<br>0,01 | 0,01-<br>0,005 | 0,005-<br>0,001 | меньше<br>0,001 |
| ПЛГ-1          | 3,72                               | 0,18          | 1,25           | 6,25            | 88,60           |
| ДН-0           | 0,92                               | 0,68          | 3,15           | 14,25           | 81,00           |
| Веско-Гранитик | 1,63                               | 3,22          | 6,75           | 18,00           | 70,40           |
| Santon-L       | 2,10                               | 14,70         | 0,35           | 20,80           | 53,05           |

Глина Santon-L по содержанию 53,1 мас.% тонкодисперсных частиц фракций < 0,001 мм и 74,2 мас.% частиц фракций < 0,01 мм относится к группе среднedisперсных.

Среди опытных обогащенных каолинов по минералогическому составу КІСК-2 отличается от КС-1 меньшим содержанием каолинита и существенным включением полевого шпата в виде микроклина (табл. 3).

Таблица 3.

**Минералогический состав каолинов**

| Каолин              | Содержание породообразующих минералов, мас. % |       |                |                 |              |                           |       |
|---------------------|-----------------------------------------------|-------|----------------|-----------------|--------------|---------------------------|-------|
|                     | каолинит                                      | кварц | микро-<br>клин | гидро-<br>слюда | каль-<br>цит | гидро-<br>кислы<br>железа | рутил |
| просянский<br>КС-1  | 83,3                                          | 4,5   | -              | 4,5             | 2,7          | 0,9                       | 0,6   |
| глуховецкий<br>КС-1 | 86,7                                          | 4,5   | -              | 4,0             | 0,6          | 0,4                       | 1,3   |
| KICK-2              | 75,9                                          | 7,0   | 14,2           | -               | 0,6          | 0,4                       | 0,4   |

Глуховецкий и просянский каолины типа КС-1 по содержанию 49,8-56,2 мас.% тонкодисперсных частиц фракций  $< 0,001$  мм относятся к группе среднedisперсных, а по общему содержанию 88,1-89,6 мас.% частиц фракций  $< 0,01$  мм - к высокодисперсным.

Проба KICK-2 по содержанию 11,2 мас.% тонкодисперсных частиц фракций  $< 0,001$  мм относится к группе грубодисперсных, а по общему содержанию 61,65 мас.% частиц фракций  $< 0,01$  мм - к среднedisперсным.

Анализ поверхностных свойств показал (табл. 4), что по коэффициенту лиофильности пробы изучаемого сырья образуют следующие ряды:

**Глина** Веско-Гранитик  $<$  Santon-L  $<$  ДН-0  $<$  ПЛГ-1

**Каолин** глуховецкий КС-1  $<$  KICK-2  $<$  просянский КС-1

Результаты тестирования технологических свойств водных систем глин и каолинов показали их связь с отмеченными особенностями минералогического состава, дисперсности и гидрофильности.

Таблица 4.

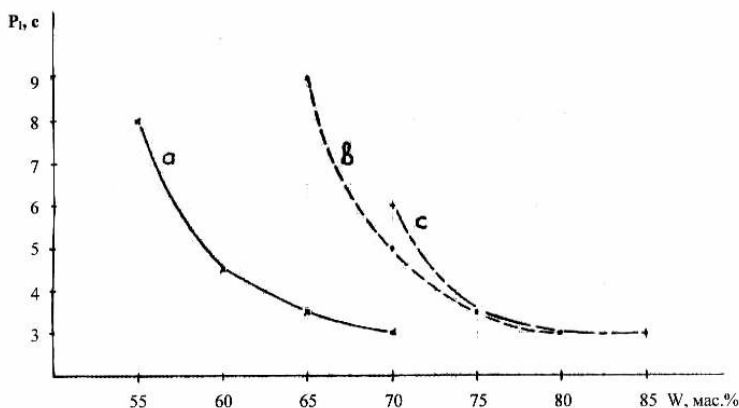
**Свойства поверхности глин и каолинов**

| Название пробы   | Смачивание при натекании |        | Коэффициент лиофильности | Эффективная удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г |        |
|------------------|--------------------------|--------|--------------------------|-----------------------------------------------------|--------|
|                  | вода                     | бензол |                          | вода                                                | бензол |
| Веско-Гранитик   | 0,053                    | 0,276  | 0,193                    | 52,39                                               | 14,68  |
| ДН-0             | 0,029                    | 0,091  | 0,316                    | 46,24                                               | 14,41  |
| ПЛГ-1            | 0,070                    | 0,133  | 0,529                    | 51,11                                               | 25,62  |
| Santon-L         | 0,045                    | 0,200  | 0,227                    | 19,60                                               | 10,31  |
| глуховецкий КС-1 | 0,024                    | 0,194  | 0,123                    | 35,97                                               | 16,99  |
| просянский КС-1  | 0,058                    | 0,236  | 0,247                    | 49,64                                               | 18,70  |
| KICK-2           | 0,147                    | 0,802  | 0,183                    | 30,74                                               | 18,19  |

**Технологические свойства суспензий глинистых компонентов.** Вязкость водных глинистых систем является одной из важных характеристик процесса коагуляционного структурообразования, зависящего от концентрации, состава и свойств дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Величина, обратная вязкости – текучесть относится к числу основных технологических параметров шликерных масс, определяющая возможность транспортировки по трубопроводам и заполнения форм при литье изделий.

Полученные нами данные свидетельствуют о существенном различии свойств водных систем изучаемых глин и каолинов. Очевидно, что среди глин суспензия *Santon-L* достигает требуемой технологической текучести 5-8 с при большей концентрации дисперсной фазы – 42,5-45,0 мас.% против 30,0-35,0 для *Веско-Гранитик* и 28,0-30,0 мас.% для ДН-0 и ПДГ-1 (рис.2).

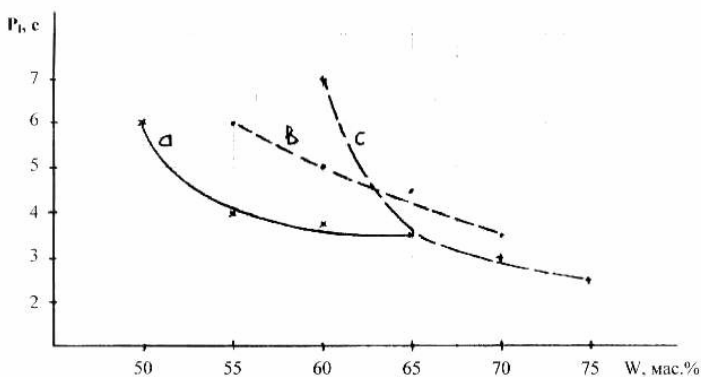


**Рис. 2. Зависимость текучести от влажности суспензий глин *Santon-L* (а), *Веско-Гранитик* (в) и ПДГ-1(с)**

Среди каолинов суспензия *KICK-2* также достигает требуемой технологической текучести при большей концентрации дисперсной фазы – 48,0-50,0 мас.% против 40,0-45,0 для просянского КС-1 и 37,5-40,0 мас.% для глуховецкого КС-1 (рис.3).

Результаты тестирования литейных свойств суспензий при влажности, обеспечивающей технологическую текучесть, позволи-

ли оценить их тиксотропность по коэффициенту загустеваемости и особенности формования при литье (табл. 5).



**Рис. 3. Зависимость текучести от влажности суспензий каолинов КИСК-2 (а), КС-1 просянский (в) и глуховецкий (с).**

*Таблица 5.*

**Литейные свойства суспензий глин и каолинов**

| Проба    | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Текучесть, с |               | Коэффициент загустеваемости | Влажность, мас.% |         | Интенсивность фильтрации, % воды в мин. | Набор отливки |        |
|----------|------------------------------|--------------|---------------|-----------------------------|------------------|---------|-----------------------------------------|---------------|--------|
|          |                              | через 30 с   | через 30 мин. |                             | шликер           | отливка |                                         | Сдф, мас.%    | Мдф, г |
| ПЛИГ-1   | 1,22                         | 5,0          | 5,5           | 1,10                        | 70,0             | 30,4    | 3,96                                    | 69,6          | 27,9   |
| ДН-0     | 1,23                         | 6,0          | 6,5           | 1,08                        | 70,0             | 30,3    | 3,97                                    | 69,7          | 26,6   |
| Веско-Г  | 1,24                         | 5,0          | 5,5           | 1,10                        | 67,5             | 29,6    | 3,79                                    | 70,4          | 32,4   |
| Santon-L | 1,32                         | 7,5          | 8,0           | 1,07                        | 57,0             | 27,6    | 2,94                                    | 72,4          | 51,3   |
| гл. КС-1 | 1,29                         | 7,0          | 9,0           | 1,28                        | 61,0             | 35,6    | 2,54                                    | 64,4          | 64,5   |
| пр. КС-1 | 1,29                         | 5,5          | 7,5           | 1,36                        | 55,0             | 30,7    | 2,43                                    | 69,3          | 54,2   |
| КИСК-2   | 1,30                         | 4,0          | 4,0           | 1,00                        | 61,0             | 34,8    | 2,62                                    | 65,2          | 80,2   |
|          | 1,44                         | 6,5          | 11,0          | 1,69                        | 50,0             | 32,2    | 1,78                                    | 67,2          | 134,2  |

Среди опытных глин суспензия Santon-L при существенно большей концентрации дисперсной фазы и плотности характеризуется равной с другими загустеваемостью, а при литье обеспечивает получение отливки с несколько большей концентрацией и значительно большей массой дисперсной фазы.

Среди опытных каолинов суспензия KICK-2 при большей концентрации дисперсной фазы и плотности характеризуется большей загустеваемостью (1,69 против 1,28-1,36), а при литье обеспечивает получение отливки с значительно большей массой дисперсной фазы (134,2 против 54,2-64,5 г). При уменьшении концентрации дисперсной фазы до равной с КС-1 загустеваемость суспензии KICK-2 значительно уменьшается, но эффект повышения массы дисперсной фазы отливки сохраняется.

**Керамическая масса для литья под давлением.** Химический состав масс для производства санитарной керамики независимо от различий в способе формования должен обеспечить необходимую для фарфора степень спекания при заданном режиме обжига.

Разработанная нами для литья под давлением масса ВТ<sub>07</sub> с использованием глины Santon-L и каолина KICK-2 обеспечивает необходимую степень спекания и отличается от типовой массы V для стенового литья (табл. 6):

Таблица 6.

**Химический состав масс**

| Код массы        | Содержание оксидов, мас. % |                                |                                |      |      |                   |                  |        |
|------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|--------|
|                  | SiO <sub>2</sub>           | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | в.п.п. |
| V                | 64,29                      | 22,94                          | 0,62                           | 1,15 | 0,25 | 1,34              | 2,41             |        |
| ВТ <sub>07</sub> | 64,23                      | 22,38                          | 0,60                           | 0,77 | 0,19 | 1,77              | 3,00             | 5,74   |

- большим содержанием щелочных оксидов Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (4,77 против 3,75 мас. %) при примерно равном соотношении K<sub>2</sub>O : Na<sub>2</sub>O 1,7-1,8;

- при меньшем наличии щелочноземельных оксидов CaO+MgO (0,96 против 1,40 мас. %) большим общим содержанием оксидов типа R<sub>2</sub>O+RO (5,73 против 4,15 мас. %).

По дисперсности глинистых компонентов масса ВТ<sub>07</sub> отличается от типовой массы V существенно меньшим количеством тонкодисперсных частиц размером менее 0,001 мм и большим количеством грубодисперсных частиц размером более 0,01 мм (табл. 7).

Таблица 7.

**Дисперсность глинистых компонентов масс**

| Код массы        | Содержание (%) фракций частиц (мм) |           |            |             |              |
|------------------|------------------------------------|-----------|------------|-------------|--------------|
|                  | 1,00-0,06                          | 0,06-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | меньше 0,001 |
| V                | 0,63                               | 3,10      | 3,31       | 10,55       | 33,02        |
| BT <sub>07</sub> | 0,48                               | 8,43      | 5,34       | 13,66       | 28,86        |

Проведенные испытания подтвердили, что разработанная масса BT<sub>07</sub> по сравнению с типовой V обеспечивает заданную текучесть при меньшей влажности, повышение концентрации и массы дисперсной фазы отливки при формовании изделий (табл. 8).

Таблица 8.

**Литейные свойства масс**

| Код массы        | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Текучесть, с |               | Кэф-фици-ент загусте-ваемости | Влажность, мас. % |          | Интен-сив-ность филь-трации, % воды в мин. | Набор от-ливки |        |
|------------------|------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|-------------------|----------|--------------------------------------------|----------------|--------|
|                  |                              | через 30 с   | через 30 мин. |                               | шли-кер           | отлив-ка |                                            | Сдф, мас. %    | Мдф, г |
| V                |                              | 5,0          | 12,0          | 2,40                          | 31,2              | 19,4     | 1,18                                       | 80,6           | 36,6   |
| BT <sub>07</sub> |                              | 5,0          | 7,0           | 1,40                          | 28,5              | 17,5     | 1,10                                       | 82,5           | 58,3   |

**Выводы**

1. Развитие технологии производства санитарной керамики требует создания новых составов масс, обеспечивающих интенсификацию процесса литья и формирование структуры фарфора при обжиге.

2. Установлено существенные отличия в минералогическом составе (меньшее количество каолинита и наличие полевых шпатов), дисперсности (меньшее количество тонкодисперсных частиц) и гидрофильности глины Santon-L и каолина KICK-2 по сравнению с каолиновой и гидрослюдисто-каолиновыми глинами и каолинами (КС-1) месторождений Украины.

3. Особенности состава и свойств дисперсной фазы обуславливают реологические и литейные показатели водных систем, при

этом суспензии Santon-L и KICK-2 достигают заданной текучести при меньшей влажности, а получаемые из них отливки характеризуются большей массой.

4. При одинаковом с типовой массой количественным соотношением глины, каолина и плавня-отошителя 2 : 3 : 5 разработанная масса ВТ<sub>07</sub> содержит 15,0 мас.% Santon-L и 10 мас.% KICK-2, что обеспечивает текучесть шликера при меньшей влажности и загустеваемости, уменьшение влажности и увеличение массы отливки, определяя возможность интенсификации технологии формования санитарной керамики.

### Литература

1. Черняк Л.П., Черняк В.Л. Розвиток виробництва та ринку будівельної кераміки в Україні. // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. -К.: Знання. – 2008. - № 3 (30). - С. 85 – 89.
2. Blanchard E, Davies G. Pressure casting in the sanitaryware industry.// Ceramic Industry – BNET -1994. – June.
3. Сальник В.Г., Свідерський В.А., Черняк Л.П. Питання виготовлення санітарної кераміки литвом під тиском // Харків: Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2008. - № 3/1 (33). – С. 72 - 76.
4. Fiebigler W. New developments of clay components for high pressure casting bodies for sanitaryware // International Ceramics Journal. – 1997. - Vol. XV. - № 5
5. Сальник В.Г., Свідерський В.А., Черняк Л.П. Сировинна база виробництва санітарно-будівельної кераміки // Наукові вісті Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. – К.: НТУУ “КПІ”. – 2006. - № 3(47) – С.135-138.
6. Михалев В.В., Власов А.С. Каолины для производства санитарно-технических изделий / Стекло и керамика. – 2006. - № 9. – С. 17 - 21.



**Федоркин С.И., профессор, Когай Э.А., аспирант**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Влияние щелочной среды портландцемента на стойкость неорганических волокон в бетонной матрице на карбонатных заполнителях**

*Исследована стойкость базальтовых, углеродных и асбестовых волокон в дисперсно-армированном мелкозернистом бетоне на карбонатных заполнителях. Показано, что щелочная среда гидратирующегося портландцемента в бетоне на карбонатных заполнителях не оказывает влияния на стойкость неорганических волокон*

**Ключевые слова:** неорганические волокна, дисперсно-армированный бетон, базальтовые, углеродные, асбестовые волокна

**Введение. Аналіз публікацій.** Как известно современный бетон – сложный композиционный материал, модифицированный различными добавками той или иной степени влияющих на его физико-механические и химические свойства. Большую роль в придании специальных свойств бетону играет дисперсное армирование, базальтовыми, углеродными, асбестовыми и др. волокнами. Введение армирующих волокон значительно усложняет структуру бетонной матрицы, так как увеличивается поверхность раздела, то есть, кроме поверхности раздела между компонентами матрицы добавляются поверхности раздела между волокнами и матрицей, и её следует рассматривать как зону, в которой происходит изменение свойств от матрицы к волокну. В случае разрушения поверхности волокон в щелочной среде твердеющего портландцемента изменятся и свойства материала, что приведет к снижению механических свойств композиционного материала в целом. Широкое внедрение композиционных дисперсно-армированных материалов при производстве строительных изделий связано с изучением их стойкости в агрессивных средах. Стойкость армирующего волокна в большинстве случаев зависит с одной стороны от вида, времени воздействия, температуры и концентрации агрессивного компо-

нента, а с другой стороны от материала частиц [2]. В дисперсно-армированных материалах протекают физико-механические и химические процессы, влияющие на долговечность изделия [3,4,5]. К тому же при взаимодействии бетонной матрицы с волокном, происходит изменение поверхности волокон и в зоне контакта образуется поверхность в виде слоя новообразований.

**Методика исследования.** В настоящей работе было исследовано влияние щелочной среды портландцемента на стойкость базальтовых, углеродных и асбестовых волокон. В качестве сырьевых материалов для проведения экспериментальных исследований нами использованы базальтовые углеродные и асбестовые волокна. Основные характеристики волокон приведены в табл. 1. В качестве вяжущего применялся портландцемент М400, Бахчисарайского цементного завода, запорожский кварцевый песок и карбонатные отходы камнепиления Бештерекского месторождения (г. Симферополь).

Таблица 1

**Физико-механические свойства волокон [6,7]**

| Волокно     | Диаметр, мкм | Длина, мм | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Прочность при растяжении МПа *10 <sup>3</sup> | Модуль упругости, МПа     | Удлинение, % | Термостойкость, °С |
|-------------|--------------|-----------|------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------|
| Базальтовое | 8,0-12,0     | 15        | 1,14                         | 2,02-2,5                                      | (9,3-1,0)*10 <sup>4</sup> | 0,5          | 300                |
| Углеродные  | 0,005-0,01   | 5-20      | 2,00                         | 2                                             | 4*10 <sup>5</sup>         | 0,5          | 400-1500           |
| Асбест      | 0,002        | 5-20      | 2,6-3,0                      | 0,3-1                                         | 15*10 <sup>4</sup>        | 2-3          | 1500               |

Исследования проводили на образцах-балочках размером 40х40х160 мм, изготовленных из мелкозернистого бетона состава Ц : П=1:3 (по массе).

Известно, что портландцементный клинкер, кроме основных составляющих: алита, белита, полиминеральной фазы состоящей из алюминатов и алюмоферритов, клинкерного стекла, содержит щелочи  $K_2O$  и  $Na_2O$  в количестве от 0,5 до 1,3%. В процессе гидролиза и гидратации клинкерных минералов при твердении портландцемента жидкая фаза обогащается гидросиликатом кальция и

достигает своего максимума  $pH=13-14$ . Кроме того, щелочность среды зависит и от минерального состава клинкера и содержания гипса, который снижает  $pH$  жидкой фазы, так как препятствует растворению щелочных сульфатов [9].

Экспериментальные исследования стойкости органических волокон проводили путем испытаний этих образцов на растяжение и ударную вязкость. Уровень разрушения поверхности волокон определяли с помощью электронного микроскопа «Dgeol-25JS».

**Результаты исследований и их анализ.** Результаты испытаний дисперсно-армированного мелкозернистого бетона на ударную вязкость и прочность при растяжении приведены в табл.2

Разность показателей прочности на растяжении и ударной вязкости объясняется шероховатостью поверхности карбонатного песка по сравнению с кварцевым.

Таблица 2.

**Результаты испытаний образцов из дисперсно-армированного мелкозернистого бетона на ударную вязкость ( $E$ ,  $кДж/м^2$ ) и прочность на растяжение ( $\sigma_p$ , МПа).**

| Вид волокон         | Вид песка в бетоне | Время выдержки, сут. |            |      |            |      |            |      |            |
|---------------------|--------------------|----------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|
|                     |                    | 30                   |            | 90   |            | 180  |            | 360  |            |
|                     |                    | $E$                  | $\sigma_p$ | $E$  | $\sigma_p$ | $E$  | $\sigma_p$ | $E$  | $\sigma_p$ |
| Базальтовое волокно | карбонатный        | 4,4                  | 4,48       | 4,28 | 4,59       | 4,20 | 4,3        | 4,34 | 4,45       |
|                     | кварцевый          | 3,8                  | 4,27       | 3,98 | 4,45       | 3,86 | 4,16       | 4,03 | 4,24       |
| Углеродное          | карбонатный        | 4,21                 | 4,12       | 4,10 | 4,25       | 4,01 | 3,86       | 4,05 | 4,0        |
|                     | кварцевый          | 3,74                 | 3,86       | 3,7  | 4,06       | 3,56 | 3,7        | 3,69 | 3,78       |
| Асбестовое          | карбонатный        | 3,10                 | 3,31       | 2,98 | 3,35       | 2,88 | 3,29       | 3,01 | 3,16       |
|                     | кварцевый          | 2,87                 | 2,98       | 2,54 | 3,19       | 2,58 | 3,1        | 2,75 | 3,8        |

Исследования поверхности с помощью электронной микроскопии «Dgeol-25JS» показали отсутствие деградации волокон и продукты гидратации - кристаллы портландцемента прочно соединенные с поверхностью волокон. Проведенные исследования показали, что волокна имеют достаточную стойкость в щелочной среде цементного камня, так как потери массы составляют не более 1%.

### Выводы

1. В результате исследования стойкости базальтовых, углеродных и асбестовых волокон в щелочной среде бетона на порт-

ландцементе установлено, что среда твердения бетона - не оказывает влияния на коррозионную стойкость органических волокон.

2. Основное влияние на длительную прочность оказывает контактный слой, который определяет стойкость волокон в агрессивной среде. Введение данных волокон при незначительном повышении прочности на 30-80%, позволит получить композиционный материал, имеющий относительную деформацию 2-5 раз выше исходного.

### Литература

1. Поляков Б.И. Керамические волокна. – М.: Металлургия, 1990.- 114с.

2. Mai Y.W. Strength and fracture properties of asbestos cement mortar composites. J. Of Mat. Siences, 1979. –Р. 335.

3. Соломатов В.И. Селяев В.П. Химическое сопротивление композиционных строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1987. -262с.

4. Справочник химика /Под ред. Б.П. Никольского – Л.:1964. –Т.1. 1005с.-Т.3.1071с.

5. Михайлов К.В. Десятый конгресс ФИП // Бетон и железобетон: - 1986. - №11. – С.42-43.

6. Dobson A.M. Glass Reinforced Plastics. Glass Fibre Forms. Brit. Plast, 1954, v.27, №3. – Р. 103-105.

7. Деревянко В.Н. Теоретические основы повышения стойкости и технология дисперсно-армированных покрытий: Дис. док. тех. наук: 05.23.05.- Днепропетровск, 2001.-335с.

8. Рояк С.М. Курбатова И.И., Абрамкина В.Г. Влияние минералогического состава клинкера на кинетику изменения состава жидкой фазы и кристаллизацию гидросульфаталюмината кальция в цементных пастах // ЖПХ.-1974, Вып. 2.-с.267-272.

## **Раздел 4.** **Основания и фундаменты, механика и** **сейсмостойкость**

**УДК 550.34+624.04**

**Бугаевский Г.Н., доктор физико-математических наук, профессор**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Перспективы развития инженерно-геодинамических исследований**

*Рассмотрены вопросы развития сейсмологических, инженерно-сейсмических и геодинамических исследований в бывшем СССР и региональных центрах. Отмечена целесообразность экспериментального и математического изучения устойчивости зданий, сооружений, в целом больших систем*

**Геофизические научные центры, вероятностная повторяемость, идентификация сейсмометрических каналов, передаточная функция объекта, обратные задачи, динамический паспорт, экологическое состояние территории.**

Приближающееся 50-летие Национальной академии природоохранного и курортного строительства требует объективной оценки состояния и перспектив выполняемых научных исследований. Прямое отношение к названию и направлению работ ВУЗа имеют исследования сейсмической, геодинамической опасности для конкретных участков территории Крыма и для определенных зданий и сооружений.

Зона Альпийской складчатости и рифтовые пояса Земли являются самыми активными в тектоническом и сейсмическом отношении областями планеты. Первая состоит из Тихоокеанского кольца и горных систем, простирающихся между Тихим и Атлантическим океанами. Вторая – это система океанических рифтов общей длиной 70 тысяч километров, имеющая два выхода на континентах – в системе Африканских озер и в Байкальской зоне. Все эти области существуют 200 млн. лет и, может быть, не меньший

срок будут действовать в будущем. Человек должен постоянно жить в этих условиях.

Как известно, предмет науки геофизики не признает административных и политических границ, поэтому уже неоднократно проводились «Международные геофизические годы», издаются международные геофизические журналы и сводки, бюллетени геофизических наблюдений, работают специализированные международные центры, союзы, программы, школы, группы, проводятся съезды, ассамблеи, сессии.

Развитие сейсмологии и геодинамики определялось интересом к ним со стороны таких ведущих ученых, как Б.Б. Голицын, Б. Гуттенберг, К.Е. Буллен, Н. Джеффрис и др. Вместе с тем, формирование научных коллективов и научных направлений инициировалось сильными сейсмическими событиями.

Первыми в годы советской власти сильными землетрясениями были два события в Крыму в 1927 году. Они привели в 1928-1929 гг. к созданию в Москве Сейсмологического института АН (теперь – Института физики Земли РАН), которое было подготовлено трудами Голицына и его учеников. После войны 1941-1945 гг. в значительной степени, как следствие Ашхабадского землетрясения 1948 г. был организован Совет по сейсмологии, в дальнейшем – Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству при Президиуме АН СССР (МСССС). Ашхабадское землетрясение привело к интенсивному развитию сейсмологических наблюдений, к созданию в Средней Азии крупных сейсмологических и инженерно-сейсмических институтов. МСССС под руководством чл.-корр. АН СССР Е.Ф. Саваренского [1] более 40 лет активно действовал по единой программе, дважды в год собирая научные сессии – в столице и обычно в одном из сейсмоактивных регионов. Это обеспечивало широкую научную информированность и единство региональных научных программ [2-13].

Мондинское землетрясение 1949 г. в Сибири привело к созданию Восточно-Сибирского геологического института, который после 10-балльного Муйского землетрясения 1957 г. был реорганизован в Институт земной коры [14, 22-24].

Невозможно дать сколько-нибудь полный обзор чрезвычайно большой работы, проделанной сейсмологами, сейсмогеологами, инженерами сейсмостойкого строительства под руководством МСССС за вторую половину 20-го в., что и не является задачей данной статьи. Здесь упомянуты лишь отдельные труды и результа-

ты как примеры разнообразия сторон этой работы с некоторым акцентом в пользу работ, выполненных в Украине.

На одном из заседаний МСССС, по докладу академика Серафима Ивановича Субботина, было решено создать Институт геофизики Украины. В течение десятков лет Институт геофизики НАН Украины с отделами в Крыму и Закарпатье. является региональным центром, занимающимся в Украине проблемами сейсмологии, геодинамики и сейсмической опасности [13, 15, 31, 32]. При этом задачами сейсмостойкости зданий и сооружений занимаются ведомственные Научно-исследовательский институт строительных конструкций (Киев), Институт КрымНИИПроект (Симферополь). В геофизических исследованиях участвуют также отдельные ВУЗы Украины. В Крыму единственным таким ВУЗом является Национальная академия природоохранного и курортного строительства (НАПКС) [16–21, 33, 35, 36, 39].

Крым лежит на северном краю субширотной части Альпийской зоны и потому сейсмическая опасность является здесь практически постоянной. После распада Союза научные центры более или менее активно продолжают свою деятельность в регионах России (на Камчатке, Сахалине, в Восточной и Западной Сибири, на Урале, Кольском полуострове, в Калужской области и, конечно, в Санкт-Петербурге и Москве) в Казахстане, государствах Средней Азии и Кавказа, Белоруссии и Молдовы.

В этих центрах значительные успехи были достигнуты и в области инженерной сейсмологии [25–30, 34–38].

Рассмотренная последовательность развития на территории СНГ научных и научно-технических исследований в области геодинамики, сейсмологии и сейсмической опасности свидетельствует об определенной линии создания и развития региональных центров, ориентированных на выполнение конкретных направлений изысканий.

В последние годы в результате работы геофизиков-сейсмологов и инженеров-строителей Украины были разработаны Государственные строительные нормы для сейсмических районов (ДБН В.1.1-12:2006), которые начали действовать с февраля 2007 г.

В соответствии с картами общего районирования сейсмической опасности, включенными в ДБН [37, 38], около 2/5 ее территории подвержены опасности сейсмического воздействия в 6 и более баллов, юго-запад Одесской области – опасности воздействия в 9 баллов, а юг Крыма и часть Керченского полуострова – 10-балльной опасности с различной вероятностной повторяемостью.

Поскольку для проблем сейсмостойкости сооружений решающее значение имеют исследования динамики сейсмических колебаний, в НАПКС в течение последних 20 лет выполняются именно эти исследования в лабораторных и реальных условиях. С помощью созданного кафедрой механики и сейсмостойкости сооружений (МиСС) калибровочного стенда [16] обеспечена 95%-ная идентификация сейсмометрических каналов, с помощью которых выполнены наблюдения на отдельных реальных сооружениях и рассчитаны спектры отклика точек сооружения и сейсмоканалов. Результаты этих работ опубликованы в журналах и доложены на многих научных конференциях. Показана высокая повторяемость результатов определений по наблюдениям в одной точке и существенные устойчивые различия результатов, полученных для разных точек объекта.

По инициативе НАПКС в ДБН включен раздел, посвященный динамической паспортизации зданий и сооружений. Цель соответствующих работ состоит в обнаружении необходимых и достаточных фактов локальных вариаций динамических свойств объектов – грунта, зданий и сооружений. Речь идет о выявлении в пространстве зданий и сооружений изменений, обусловленных отдельными отклонениями от проекта на строительной площадке, а также об изменениях с течением времени динамических параметров за счет старения материалов конструкции и за счет изменения несущих свойств грунта [36, 39]. Эти вариации не могут быть учтены при проектировании объекта. Они требуют экспериментального динамического определения и контроля в период эксплуатации. Такое направление работ в настоящее время является относительно свободным – во всяком случае, в Украине («научная ниша») при всей его актуальности. Эти исследования динамики сейсмических и механических колебаний объектов для определения их динамических параметров и устойчивости объектов должны, на наш взгляд, стать одним из ведущих направлений работ НАПКС.

В целом указанные исследования должны составлять основное содержание анализа и экспертизы сейсмической, динамической безопасности критичных инфраструктур, муниципальных и рекреационных территорий. Известно, что карты любого масштаба районирования сейсмической опасности в баллах или максимальных ускорениях движения грунта при определенных вероятностных оценках повторяемости сейсмических событий не являются моделями геодинамических процессов. Это лишь статические схемы



географического распределения максимальных значений ускорений (и сил инерции) при возможных сильных землетрясениях в любой точке выделенных зон.

Основные направления динамических исследований состоят в следующем.

1. Изучение динамически обоснованных результатов регистрации импульсных и волновых процессов.

1.1. Исследования распространения волновых процессов, вызванных местными и близкими землетрясениями. Определение реакции любого объекта на геодинамическое воздействие с помощью системного подхода к передаточной функции объекта через его «выход» при заданном входном сигнале.

1.2. Выполнение длительных сейсмологических наблюдений на строительной площадке или в определенной близости к построенному сооружению с целью определения входного сейсмического сигнала от опасных близких очагов (для п. 1.1 ДБН).

1.3. Решение обратных задач для колебательных систем и определение частотных характеристик аппаратуры, естественных объектов и искусственных сооружений.

1.4. Динамическая паспортизация участка территории.

1.5. Выполнение экспериментальных наблюдений выходного сигнала в объеме сооружения. (Регистрация отклика на реальный сигнал от землетрясения во многих десятках точек в сооружении технически и организационно чрезвычайно сложна. Известные программные средства позволяют рассчитать выходной сигнал. Для этого необходимо располагать, кроме входного сигнала еще вторым системным элементом – передаточной характеристикой самого объекта. Реальную характеристику с достаточной степенью точности и достаточно быстро можно определить с помощью регистрации реакции объекта на специальное неразрушающее механическое воздействие).

1.6. Динамическая паспортизация зданий и сооружений как система периодического контроля их механической устойчивости на внешние воздействия. Динамическая паспортизация здания, сооружения позволяет, с одной стороны, за считанные дни оценить передаточную характеристику и ее вариации в пространстве объекта, с другой – путем контроля за счет повторных наблюдений увидеть изменения во времени несущей способности сооружения и определить темп этих изменений. Только экспериментальное динамическое изучение объекта (динамическая паспортизация) может оп-

ределить его фактическую сейсмостойкость. Результат этого изучения – динамический паспорт – по определению ДБН есть «документ, удостоверяющий отклик объекта на механическое воздействие в момент наблюдения». Динамические паспорта дадут определенную количественную характеристику спектрально-механического качества сооружения.

2. Оценка опасности рекреационных территорий Крыма за счет относительно медленных геодинамических процессов.

2.1. Изучение медленных однонаправленных геодинамических процессов, связанных с местными проявлениями оползней (оценка объема тела оползня и формы его ложа с целью определения способов и возможности стабилизации оползня).

2.2. Определение соотношения размеров территорий, подверженных сейсмическим и оползневым воздействиям; использование статистических приемов и понятия риска.

2.3. Общее экологическое состояние территорий.

Направление 2.3, как выполнение систематических исследований, является относительно новым. Оно может быть осуществлено на количественной основе также с помощью понятия переходной характеристики системы, как функции не столько механических, сколько химических, биологических и других параметров. Потребуется постановка предварительных теоретических и экспериментальных работ для изучения «входа» и «выхода» системы, включающих

- анализ существующего состояния проблемы;
- выбор измерительных средств, определение их эффективности, организация приобретения или производства;
- выбор модели для проведения системных исследований;
- испытание модели на объекте;
- формирование методики и инструкции для выполнения измерений;
- применение методики экологического контроля к реальным объектам.

Как указано выше, специалистами кафедры МиСС выполнена подготовительная часть исследований раздела 1, достаточная для обоснования их необходимости. Эти результаты свидетельствуют о возможности получения экспериментальной спектральной оценки устойчивости сооружения. Перспектива этих исследований достаточно ясна, здесь имеется не только задел, но и определенные результаты в метрологической калибровке аппаратуры, в разработке

новых ее видов, в методике анализа числовой информации и ее интерпретации, в целом, в методике динамической паспортизации, имеются определенные научные кадры. Дальнейший успех этих работ зависит от правильности использования ВУЗом государственных и региональных решений по данному направлению.

Раздел 2 целесообразно выполнять также силами НАПКС. Однако здесь потребуются совместные усилия ряда кафедр и, может быть, других ведомств.

Можно отметить, что названные направления, преимущественно первое, стали объектом совместных работ НАПКС (кафедры МиСС) по заключенным договорам с Институтом геофизики НАН Украины, с Национальным техническим университетом «КПИ» («Киевская политехника»), с Иркутским государственным техническим университетом, с Центром службы геодинамических наблюдений в энергетической отрасли России (Москва). Работы кафедры МиСС систематически докладываются на конференциях, посвященных сейсмической опасности и сейсмостойкости сооружений, организуемых Научно-исследовательским институтом строительных конструкций (НИИСК), а также экологическим проблемам на геологическом факультете Национального Киевского университета им. Тараса Шевченко.

Необходимость работ в области динамической паспортизации территорий, зданий и сооружений была показана представителями НАПКС 20 лет назад на научно-технической конференции в Симферополе с участием представителей Крымского облисполкома и разработчиков мощных вибраторов из Новосибирска. К сожалению, в то время руководство Крымской области не смогло выделить ста тысяч рублей для приобретения вибраторов, находившихся тогда в Крыму. В результате была утрачена возможность массового определения частотных характеристик зданий крымских городов и эта работа в следующие годы реализовалась в городах Сибири (Иркутск, Новосибирск). Кроме этого, к настоящему времени определение динамических параметров зданий и сооружений выполняется в Санкт-Петербурге и Магнитогорске.

Сложность и срочность рассмотренных работ, необходимость их координации и контроля, требуют организации единого центра. Учитывая имеющиеся опыт, кадры и начальное оборудование представляется целесообразным создание такой системы при НАПКС в качестве научно-технического подразделения – центра определения устойчивости больших динамических систем (в част-

ности, динамической паспортизации искусственных сооружений и естественных объектов) как регионального научно-технического центра динамических исследований.

### Литература

1. Соловьев С.Л. Евгений Федорович Саваренский. М., «Наука», 1989. 145 с.
2. Саваренский Е.Ф., Кирнос Д.П. Элементы сейсмологии и сейсмометрии. М., Гос. изд. тех.-теор. лит., 1955. 544 с.
3. Землетрясения в СССР. Совет по сейсмологии. М., Изд. АН СССР, 1961. 412 с.
4. Сейсмическое районирование СССР, М., «Наука», 1968. 476 с.
5. Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Сб. в двух томах. М., МСССС, 1974. Т. I 220 с., т. II 222 с.
6. Сейсмическое районирование территории СССР. МСССС. М., «Наука», 1980. 308 с.
7. Сейсмичность, сейсмическая опасность Крыма и сейсмостойкость строительства. Материалы Всесоюзной конференции. Киев, «Наукова думка», 1972. 196 с.
8. Физика сейсмических волн и внутреннее строение Земли. Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству. М., «Наука», 1983. 224 с.
9. Горшков Г.П. Региональная сейсмотектоника юга СССР. Альпийский пояс. МСССС. М., «Наука», 1984. 272 с.
10. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. М., «Наука», 1985. 408 с.
11. Милютин Е.Н. Сейсмические исследования верхней мантии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам. М., «Наука», 1976. 136 с.
12. Интерпретация сейсмических наблюдений. Результаты исследований по международным геофизическим проектам. М., Международный геофизический комитет при Президиуме АН СССР, 1983. 136 с.
13. Бугаевский Г.Н. Сейсмологические исследования неоднородностей мантии Земли. Институт геофизики АН УССР. Киев, «Наукова думка», 1978. 184 с.
14. Бугаевский Г.Н. Бугаевский А.Г. Алгоритм сейсмотомографического анализа строения мантии. В сб.: Развитие сейсмологических и геофизических исследований в Сибири и на Дальнем

Востоке (памяти А.А.Трескова), Иркутск, Изд. ИЗК СО АН СССР, 1988, с.34-35

15. Бугаевский Г.Н. Проблема динамических исследований на основе сейсмометрических записей. Сейсмологический бюллетень Украины за 2000 год. Симферополь, 2002. С. 102-104.

16. Бугаевский Г.Н., Белов В.П., Нестеренко С.Д., Геращенко А.А. Стенд для испытаний и калибровки сейсмометрической аппаратуры. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, вып.5.Симферополь, КАПКС, 2001, с.92-97.

17. Бугаевский Г.Н., Литвинова Э.В. Универсальный метод решения обратной задачи сейсмометрии. Геофизический журнал №1, т.24, 2002, с.120-123.

18. Бугаевский Г.Н. Уравнения равновесия и движения среды и спектральный тензор деформации. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, вып. 8. Симферополь, КАПКС, 2003, с. 61-66.

19. Бугаевский Г.Н., Бугаевский А.Г. Модель взрывного образования системы Земля-Луна. В кн. «Проблемы геофизики XXI века». Кн.1. М: Наука 2003, с.264-299.

20. Бугаевский Г.Н. Общая схема универсального сейсмометрического канала для выполнения наблюдений в произвольной точке объекта. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр, вып. 11. Симферополь, НАПКС, 2005, с. 82-84.

21. Бугаевский Г.Н., Бугаевский А.Г. Альпийская складчатая зона – индикатор геодинамической истории развития Земли. «Ставайки съвременна наука-2007». София, Бял Град» ООД, 2007, с. 15-23.

22. Детальное сейсмическое районирование. МСССС, М., «Наука», 1980. 176 с.

23. Сейсмогеология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья. Новосибирск, Сибирское отделение АН СССР, «Наука», 1981. 168 с.

24. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микро-районированию. Отв. ред. О.В. Павлов. М., «Наука», 1988. 224 с.

25. Изучение сейсмического режима крупных промышленных центров. М., «Наука», 1978. 188 с.

26. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. М., гос. изд. лит. по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. 284 с.

27. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. М., «Высшая школа», 1969. 336 с.
28. Егупов В.К., Командрина Т.А. Расчет зданий на сейсмические воздействия. Киев, «Будівельник», 1969. 208 с.
29. Егупов В.К., Егупов К.В., Лукаш Э.П. Практические методы расчета зданий на сейсмостойкость. Киев, «Будівельник», 1982. 144 с.
30. Сейсмические воздействия на гидротехнические и энергетические сооружения. МСССС. М., «Наука», 1980. 204 с.
31. Сейсмопрогностические исследования на территории УССР. Киев, «Наукова думка», 1988. 152 с.
32. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. Киев, Ин-т геофизики им. С.И. Субботина АН УССР, 1989. 190 с.
33. Формирование окружающей среды на урбанизированных территориях Крыма. КИПКС, Симферополь, 1996. 102 с.
34. Елисеев О.Н., Уздин А.М. Сейсмостойкое строительство. Учебник в двух книгах. С.-Петербург, 1997. Кн. 1 131 с., кн. 194 с.
35. Бугаевский Г.Н., Бугаевский А.Г. Сейсмическое спектрально-динамическое зонирование территорий и сооружений. Будівельні конструкції, вип. 53, кн. 1. Київ, НДІБК, 2000, с. 69-77.
36. Ю.И. Немчинов, А.В. Кендзера, Г.Н Бугаевский. Динамическая паспортизация сооружений как составная часть СНиПа. Будівельні конструкції, вип. 60. Київ, НДІБК, 2004, с. 193-198.
37. Государственные нормы: «Строительство в сейсмических районах Украины». Межведомственный научно-технический сб.: «Будивельні конструкції», вып. 64, Киев. НДИБК 2006. С. 3-19.
38. Немчинов Ю.И., Марьенков Н.Г. и др. Будівництво у сейсмічних районах України. ДБН В.1.1-12:2006. Мін. буд., арх., та житл.-ком. госп. Україні, Київ, 2006. 84 с.
39. Бугаевский Г.Н., Волосович О.В., Бугаевский А.Г. Динамическая паспортизация зданий и сооружений – основа повышения качества строительных объектов. Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. тр., вып. 24-25. Симферополь, НАПКС, 2008, с. 14-22.

**Сухорученко С.К., инженер-геолог**  
Институт «КрымГИИНТИЗ», г. Симферополь

**Деформационно-прочностные и набухающие характеристики нижнемеловых глин крымского предгорья (особенности изменений их под влиянием техногенных факторов)**

*В статье приводятся регрессионные уравнения деформационно-прочностных характеристик для природных и природно-технических комплексов нижнемеловых глин Крымского Предгорья под возрастающим влиянием хозяйственной деятельности человека. На основе регрессионных уравнений составлены региональные таблицы деформационно-прочностных характеристик для природных и природно-технических комплексов.*

**Регрессионные уравнения, изменение свойств грунтов, региональные таблицы.**

**Введение.** Актуальность создания регрессионных уравнений деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных и природно-технических комплексов заключается в оперативном прогнозировании возможных изменений состояния глин при взаимном влиянии массива глин и инженерных объектов. Это позволяет повысить эффективность при эколого-геологических и проектно-изыскательских работах. Необходимость составления двух различных таблиц деформационно-прочностных характеристик для природных и природно-технических комплексов, заключается в участвовавших разрушениях сооружений и зданий, после их 10-20-летней эксплуатации, которые объяснить, заложенными при проектировании характеристиками невозможно [1].

Опыт составления подобных таблиц существует и приведён в [2-6], где обосновываются различные регрессионные уравнения, которые имеют как линейную, так и нелинейную зависимость деформационно-прочностных характеристик от их физических свойств. При составлении регрессионных уравнений, для взаимосвязи деформационно-прочностных характеристик с физическими характеристиками наиболее часто используются следующие физи-

ческие характеристики: коэффициент пористости, естественная влажность, влажность на границе раскатывания, число пластичности и показатель текучести глинистых отложений [2-6].

В большинстве случаев выбор прогнозируемого уравнения для механического показателя сводится к линейной зависимости, чем к нелинейной, это связано с тем, что линейные модели являются более простыми и удобными и только тогда, когда линейная модель не даёт ожидаемого результата применяются более сложные нелинейные модели [4, 5].

**Цель, задачи, объект, предмет и методика исследований.** Цель работы – создание математического аппарата для экспрессных оценок состояния нижнемеловых глин Крымского Предгорья.

Задачи исследования:

- составление регрессионных уравнений значений модуля деформации, удельного сцепления, угла внутреннего трения, давления набухания и относительного набухания от физических характеристик нижнемеловых глин для природных и природно-технических комплексов;
- на базе регрессионных уравнений создание региональных таблиц значений модуля деформации, удельного сцепления, угла внутреннего трения, давления набухания и относительного набухания от физических характеристик для природных и природно-технических комплексов.

Объектом исследования являются нижнемеловые глины Крымского Предгорья, а предметом изменение деформационно-прочностных свойств нижнемеловых глин от их физических характеристик под влиянием хозяйственной деятельности.

Основными методами исследования были лабораторные геотехнические исследования согласно ДСТУ Б В.2.1-3-96 [7], ГОСТ 5180-84 [8], ДСТУ Б В.2.1-4-96 [9], систематизация лабораторных данных и методы регрессионного анализа.

Для создания уравнений регрессии применялся математический метод, предложенный ПНИИИС [2], по которому уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$X = X_{cp} - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp}) \times X_i}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp})^2} \times (y - y_{cp})$$

где X – искомое значение модуля деформации, или удельного сцепления, или угла внутреннего трения, или давления набухания, или



относительного набухания;  $X_{\text{ср}}$  – среднее значение модуля деформации, или удельного сцепления, или угла внутреннего трения, или давления набухания, или относительного набухания;  $X_i$  – параллельное определение модуля деформации, или удельного сцепления, или угла внутреннего трения, или давления набухания, или относительного набухания при данном значении физической характеристики;  $u_i$  – параллельное определение физической характеристики при данном значении модуля деформации или удельного сцепления или угла внутреннего трения или давления набухания, или относительного набухания;  $u_{\text{ср}}$  – среднее значение физической характеристики;  $u$  – переменная величина физической характеристики.

Отбор образцов глин осуществлялся при инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях по всей территории распространения нижнемеловых глин Крымского Предгорья.

Для определения граничных значений коэффициента пористости и показателя текучести глин было проанализировано более 1300 определений физических свойств отобранных в природных комплексах и более 1750 определений физических свойств отобранных в природно-технических комплексах.

Для составления регрессионных уравнений было использовано 654 определения модуля деформации и 128 определений удельного сцепления и угла внутреннего трения, отобранных в природных комплексах и соответственно 541 и 259 определений этих характеристик из природно-технических комплексов.

**Результаты исследований.** Составление региональных таблиц деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных комплексов и с учётом техногенного изменения ранее не проводились. Впервые изучена зависимость деформационно-прочностных характеристик от их физических характеристик и показателя текучести отдельно для природных и для природно-технических комплексов с учётом 30-50 летнего техногенного изменения.

Таблицы деформационно-прочностных свойств нижнемеловых глин являются региональными таблицами, которые могут, использованы при оперативной и предварительной оценке состояния нижнемеловых глин при решении эколого-геологических и проектно-исследовательских задач.

Достоверность тесноты связей между деформационно-прочностными и набухающими свойствами от их физических характеристик определялись при помощи коэффициента корреляции.

По результатам исследований достоверные связи между деформационно-прочностными и физическими характеристиками наблюдались между природною влажностью, плотностью скелета грунта и коэффициентом пористости. Достоверные связи между набухающими и физическими характеристиками наблюдались между плотностью грунта и коэффициентом пористости.

По результатам анализа, в природных комплексах встречены твёрдые, полутвёрдые и тугопластичные глины (показатель текучести изменялся от -0,97 до 0,49). Из-за возрастающего техногенного воздействия в природно-технических комплексах, кроме выше перечисленных глин, распространены мягкопластичные и текучепластичные глины (показатель текучести изменялся от -0,95 до 0,86), что говорит об ухудшении состоянии и несущих способностей глин на отдельных участках.

Для различных по показателю текучести глин был установлен диапазон значений природной влажности, плотности скелета грунта и коэффициента пористости в природных и природно-технических комплексах (табл.1). В табл. 2 и 3 приведены регрессионные уравнения деформационно-прочностных свойств от физических характеристик для природных и природно-технических комплексов.

*Таблица.1.*

**Диапазон значений природной влажности, плотности скелета грунта и коэффициента пористости нижнемеловых глин Крымского Предгорья**

| Комплексы            | Показатель текучести  | Граничные значения  |         |                          |         |                        |         |
|----------------------|-----------------------|---------------------|---------|--------------------------|---------|------------------------|---------|
|                      |                       | Природная влажность |         | плотность скелета грунта |         | коэффициент пористости |         |
|                      |                       | нижнее              | верхнее | нижнее                   | верхнее | нижнее                 | верхнее |
| Природные            | $IL < 0$              | 0,072               | 0,456   | 1,03                     | 1,93    | 0,396                  | 1,357   |
|                      | $0 \leq IL \leq 0,25$ | 0,163               | 0,461   | 1,04                     | 1,72    | 0,534                  | 1,367   |
|                      | $0,25 < IL \leq 0,5$  | 0,221               | 0,477   | 1,11                     | 1,58    | 0,696                  | 1,395   |
| Природно-технические | $IL < 0$              | 0,104               | 0,472   | 1,07                     | 2,13    | 0,411                  | 1,384   |
|                      | $0 \leq IL \leq 0,25$ | 0,166               | 0,486   | 1,09                     | 1,79    | 0,434                  | 1,395   |
|                      | $0,25 < IL \leq 0,5$  | 0,183               | 0,488   | 1,12                     | 1,68    | 0,493                  | 1,454   |
|                      | $0,5 < IL \leq 0,75$  | 0,190               | 0,491   | 1,14                     | 1,66    | 0,593                  | 1,502   |

Таблица.2.

**Регрессионные уравнения механических свойств нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных комплексов**

| Показатель текучести   | Деформационно-прочностные характеристики |                             |                                              |
|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
|                        | Модуль деформации, Е (МПа)               | Удельное сцепление, С (кПа) | Угол внутреннего трения, $\varphi$ (градусы) |
| $I_L < 0$              | $E=53,3-28,83e$                          | $C=71,8-30,5e$              | $\varphi=31-9e$                              |
|                        | $E=47,6-75,5W$                           | $C=66,9-86,1W$              | $\varphi=30-29W$                             |
|                        | $E=31,3\rho_{ск}-17,9$                   | $C=34,4\rho_{ск}-5,3$       | $\varphi=15,3\rho_{ск}-2,1$                  |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$ | $E=43,61-24,19e$                         | $C=62,4-25,6e$              | $\varphi=29-10e$                             |
|                        | $E=44,5-76,3W$                           | $C=57,3-67,2W$              | $\varphi=27-26W$                             |
|                        | $E=33,7\rho_{ск}-25,0$                   | $C=32,9\rho_{ск}-9,5$       | $\varphi=19,5\rho_{ск}-8,9$                  |
| $0,25 < I_L \leq 0,5$  | $E=30,73-17,33e$                         | $C=42,9-15,8e$              | $\varphi=28-12e$                             |
|                        | $E=27,1-43,0W$                           | $C=41,8-42,3W$              | $\varphi=27-32W$                             |
|                        | $E=26,6\rho_{ск}-23,5$                   | $C=22,0\rho_{ск}-3,2$       | $\varphi=19,1\rho_{ск}-10,5$                 |

*Примечание.* е-коэффициент пористости, W-природная влажность,  $\rho_{ск}$  –плотность скелета гранта

Таблица.3.

**Регрессионные уравнения механических свойств нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природно-технических комплексов**

| Показатель текучести   | Деформационно-прочностные характеристики |                             |                                              |
|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
|                        | Модуль деформации, Е (МПа)               | Удельное сцепление, С (кПа) | Угол внутреннего трения, $\varphi$ (градусы) |
| $I_L < 0$              | $E=52,18-32,36e$                         | $C=55,4-22,6e$              | $\varphi=30-12e$                             |
|                        | $E=48,1-86,5W$                           | $C=52,0-57,9W$              | $\varphi=30-38W$                             |
|                        | $E=33,3\rho_{ск}-30,5$                   | $C=24,0\rho_{ск}-1,2$       | $\varphi=13,5\rho_{ск}-1,7$                  |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$ | $E=37,19-22,32e$                         | $C=52,0-21,4e$              | $\varphi=27-9e$                              |
|                        | $E=37,8-66,0W$                           | $C=50,9-62,5W$              | $\varphi=29-38W$                             |
|                        | $E=28,7\rho_{ск}-26,6$                   | $C=28,6\rho_{ск}-10,5$      | $\varphi=16,8\rho_{ск}-8,1$                  |
| $0,25 < I_L \leq 0,5$  | $E=22,78-12,79e$                         | $C=47,3-26,5e$              | $\varphi=23-10e$                             |
|                        | $E=22,9-37,0W$                           | $C=48,4-81,3W$              | $\varphi=22-28W$                             |
|                        | $E=17,3\rho_{ск}-13,6$                   | $C=37,5\rho_{ск}-32,1$      | $\varphi=14,2\rho_{ск}-7,5$                  |
| $0,5 < I_L \leq 0,75$  | $E=22,32-13,76e$                         | $C=33,1-17,6e$              | $\varphi=22-11e$                             |
|                        | $E=20,4-36,0W$                           | $C=36,0-58,1W$              | $\varphi=20-26W$                             |
|                        | $E=21,8\rho_{ск}-22,7$                   | $C=26,6\rho_{ск}-22,4$      | $\varphi=15,7\rho_{ск}-11,7$                 |

*Примечание.* е-коэффициент пористости, W-природная влажность,  $\rho_{ск}$  –плотность скелета грунта

В табл. 4 и 5 приведены значения деформационно-прочностных характеристик нижнемеловых глин от природной влажности, в табл. 6 и 7 от плотности скелета грунта и в табл. 8 и 9 от коэффициента пористости для природных и природно-технических комплексов.

Таблица.4.

**Значения деформационно-прочностных характеристик  
нижнемеловых глин от природной влажности для  
природных комплексов**

| Показатель<br>текучности | Деформационно-<br>прочностные<br>характеристики | Природная влажность, W |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          |                                                 | 0,080                  | 0,120 | 0,160 | 0,200 | 0,240 | 0,280 | 0,320 | 0,360 | 0,400 | 0,440 | 0,480 |
| $I_L < 0$                | E, МПа                                          | 42                     | 39    | 36    | 33    | 29    | 26    | 23    | 20    | 17    | 14    |       |
|                          | C, кПа                                          | 60                     | 57    | 53    | 50    | 46    | 43    | 39    | 36    | 32    | 29    |       |
|                          | $\varphi$ , град.                               | 28                     | 27    | 25    | 24    | 23    | 22    | 21    | 20    | 18    | 17    |       |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$   | E, МПа                                          |                        |       | 32    | 29    | 26    | 23    | 20    | 17    | 14    | 11    |       |
|                          | C, кПа                                          |                        |       | 47    | 44    | 41    | 38    | 36    | 33    | 30    | 28    |       |
|                          | $\varphi$ , град.                               |                        |       | 23    | 22    | 21    | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    |       |
| $0,25 < I_L \leq 0,50$   | E, МПа                                          |                        |       |       |       | 17    | 15    | 13    | 12    | 10    | 8     | 6     |
|                          | C, кПа                                          |                        |       |       |       | 32    | 30    | 28    | 27    | 25    | 23    | 21    |
|                          | $\varphi$ , град.                               |                        |       |       |       | 19    | 18    | 17    | 15    | 14    | 13    | 12    |

Таблица.5.

**Значения деформационно-прочностных характеристик ниже-  
меловых глин от природной влажности для природно-  
технических комплексов**

| Показатель<br>текучности | Деформационно-<br>прочностные ха-<br>рактеристики | Природная влажность, W |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|--------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|                          |                                                   | 0,120                  | 0,160 | 0,200 | 0,240 | 0,280 | 0,320 | 0,360 | 0,400 | 0,440 | 0,480 |  |
| $I_L < 0$                | E, МПа                                            | 38                     | 34    | 31    | 27    | 24    | 20    | 17    | 14    | 10    | 7     |  |
|                          | C, кПа                                            | 45                     | 43    | 40    | 38    | 36    | 33    | 31    | 29    | 27    | 24    |  |
|                          | $\varphi$ , град.                                 | 25                     | 24    | 22    | 21    | 19    | 18    | 16    | 15    | 13    | 12    |  |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$   | E, МПа                                            |                        | 27    | 25    | 22    | 19    | 17    | 14    | 11    | 9     | 6     |  |
|                          | C, кПа                                            |                        | 41    | 38    | 36    | 33    | 31    | 28    | 26    | 23    | 21    |  |
|                          | $\varphi$ , град.                                 |                        | 23    | 22    | 20    | 18    | 17    | 15    | 14    | 12    | 11    |  |
| $0,25 < I_L \leq 0,50$   | E, МПа                                            |                        |       | 16    | 15    | 13    | 11    | 10    | 8     | 7     | 5     |  |
|                          | C, кПа                                            |                        |       | 32    | 29    | 26    | 22    | 19    | 16    | 13    | 9     |  |
|                          | $\varphi$ , град.                                 |                        |       | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    | 9     |  |
| $0,50 < I_L \leq 0,75$   | E, МПа                                            |                        |       | 14    | 12    | 10    | 9     | 7     | 6     | 5     | 3     |  |
|                          | C, кПа                                            |                        |       | 24    | 22    | 20    | 17    | 15    | 13    | 10    | 8     |  |
|                          | $\varphi$ , град.                                 |                        |       | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    | 9     | 8     |  |

Таблица.6.

**Значения деформационно-прочностных характеристик ниже-  
меловых глин от плотности скелета грунта для природных  
комплексов**

| Показатель<br>текучности | Деформационно-<br>прочностные ха-<br>рактеристики | Плотность скелета грунта, $\rho_{ск}$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                          |                                                   | 1,9                                   | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| $I_L < 0$                | E, МПа                                            | 42                                    | 38  | 35  | 32  | 29  | 26  | 23  | 20  | 17  | 13  |
|                          | C, кПа                                            | 60                                    | 57  | 53  | 50  | 46  | 43  | 39  | 36  | 33  | 29  |
|                          | $\phi$ , град.                                    | 27                                    | 25  | 24  | 22  | 21  | 19  | 18  | 16  | 15  | 13  |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$   | E, МПа                                            |                                       |     | 32  | 29  | 26  | 22  | 19  | 15  | 12  | 9   |
|                          | C, кПа                                            |                                       |     | 46  | 43  | 40  | 37  | 33  | 30  | 27  | 23  |
|                          | $\phi$ , град.                                    |                                       |     | 24  | 22  | 20  | 18  | 16  | 15  | 13  | 11  |
| $0,25 < I_L \leq 0,50$   | E, МПа                                            |                                       |     |     | 19  | 16  | 14  | 11  | 8   | 6   |     |
|                          | C, кПа                                            |                                       |     |     | 32  | 30  | 28  | 25  | 23  | 21  |     |
|                          | $\phi$ , град.                                    |                                       |     |     | 20  | 18  | 16  | 14  | 12  | 11  |     |

Таблица.7.

**Значения деформационно-прочностных характеристик ниже-  
меловых глин от плотности скелета грунта для природно-  
технических комплексов**

| Показа-<br>тель теку-<br>чести | Деформаци-<br>он-но-<br>прочност-<br>ные характе-<br>ристики | Плотность скелета грунта, $\rho_{ск}$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                |                                                              | 2,1                                   | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| $I_L < 0$                      | E МПа                                                        | 39                                    | 36  | 33  | 29  | 26  | 23  | 19  | 16  | 13  | 9   | 6   |
|                                | C кПа                                                        | 49                                    | 47  | 44  | 42  | 40  | 37  | 35  | 32  | 30  | 28  | 25  |
|                                | $\phi$ град.                                                 | 27                                    | 25  | 24  | 23  | 21  | 20  | 19  | 17  | 16  | 15  | 13  |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$         | E МПа                                                        |                                       |     |     | 25  | 22  | 19  | 16  | 14  | 11  | 8   | 5   |
|                                | C кПа                                                        |                                       |     |     | 41  | 38  | 35  | 32  | 30  | 27  | 24  | 21  |
|                                | $\phi$ град.                                                 |                                       |     |     | 22  | 20  | 19  | 17  | 15  | 14  | 12  | 10  |
| $0,25 < I_L \leq 0,50$         | E МПа                                                        |                                       |     |     |     | 16  | 14  | 12  | 11  | 9   | 7   | 5   |
|                                | C кПа                                                        |                                       |     |     |     | 32  | 28  | 24  | 20  | 17  | 13  | 9   |
|                                | $\phi$ град.                                                 |                                       |     |     |     | 17  | 15  | 14  | 12  | 11  | 10  | 8   |
| $0,50 < I_L \leq 0,75$         | E МПа                                                        |                                       |     |     |     | 14  | 12  | 10  | 8   | 6   | 3   | 1   |
|                                | C кПа                                                        |                                       |     |     |     | 23  | 20  | 18  | 15  | 12  | 10  | 7   |
|                                | $\phi$ град.                                                 |                                       |     |     |     | 15  | 13  | 12  | 10  | 9   | 7   | 6   |

Таблица.8.

**Значения деформационно-прочностных характеристик нижне-меловых глин от коэффициента пористости для природных комплексов**

| Показатель текучести   | Деформационно-прочностные характеристики | Коэффициент пористости, е |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|------------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        |                                          | 0,400                     | 0,500 | 0,600 | 0,700 | 0,800 | 0,900 | 1,000 | 1,100 | 1,200 | 1,300 | 1,400 |
| $I_L < 0$              | Е МПа                                    | 42                        | 39    | 36    | 33    | 30    | 27    | 24    | 22    | 19    | 16    | 13    |
|                        | С кПа                                    | 60                        | 57    | 54    | 51    | 48    | 44    | 41    | 38    | 35    | 32    | 29    |
|                        | φ, град.                                 | 27                        | 27    | 26    | 25    | 24    | 23    | 22    | 21    | 20    | 19    | 18    |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$ | Е МПа                                    |                           | 32    | 29    | 27    | 24    | 22    | 19    | 17    | 15    | 12    | 10    |
|                        | С кПа                                    |                           | 50    | 47    | 45    | 42    | 39    | 37    | 34    | 32    | 29    | 27    |
|                        | φ, град.                                 |                           | 24    | 23    | 22    | 21    | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 15    |
| $0,25 < I_L \leq 0,50$ | Е МПа                                    |                           |       |       | 19    | 17    | 15    | 13    | 12    | 10    | 8     | 6     |
|                        | С кПа                                    |                           |       |       | 32    | 30    | 29    | 27    | 26    | 24    | 22    | 21    |
|                        | φ, град.                                 |                           |       |       | 20    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 12    | 11    |

Таблица.9.

**Значения деформационно-прочностных характеристик нижне-меловых глин от коэффициента пористости для природно-технических комплексов**

| Показатель текучести   | Деформационно-прочностные характеристики | Коэффициент пористости, е |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|------------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        |                                          | 0,400                     | 0,500 | 0,600 | 0,700 | 0,800 | 0,900 | 1,000 | 1,100 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,500 |
| $I_L < 0$              | Е МПа                                    | 39                        | 36    | 33    | 30    | 26    | 23    | 20    | 17    | 13    | 10    | 7     |       |
|                        | С кПа                                    | 46                        | 44    | 42    | 40    | 37    | 35    | 33    | 31    | 28    | 26    | 24    |       |
|                        | φ, град.                                 | 25                        | 24    | 23    | 22    | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 14    | 13    |       |
| $0 \leq I_L \leq 0,25$ | Е МПа                                    | 28                        | 26    | 24    | 22    | 19    | 17    | 15    | 13    | 10    | 8     | 6     |       |
|                        | С кПа                                    | 43                        | 41    | 39    | 37    | 35    | 33    | 31    | 29    | 26    | 24    | 22    |       |
|                        | φ, град.                                 | 23                        | 22    | 21    | 20    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 12    | 11    |       |
| $0,25 < I_L \leq 0,50$ | Е МПа                                    |                           | 16    | 15    | 14    | 13    | 11    | 10    | 9     | 7     | 6     | 5     | 4     |
|                        | С кПа                                    |                           | 34    | 31    | 29    | 26    | 24    | 21    | 18    | 16    | 13    | 10    | 8     |
|                        | φ, град.                                 |                           | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    | 9     | 8     |
| $0,50 < I_L \leq 0,75$ | Е МПа                                    |                           |       | 14    | 13    | 11    | 10    | 9     | 7     | 6     | 4     | 3     | 2     |
|                        | С кПа                                    |                           |       | 23    | 21    | 19    | 17    | 16    | 14    | 12    | 10    | 9     | 7     |
|                        | φ, град.                                 |                           |       | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    | 9     | 8     | 7     | 6     |

По результатам исследований значения модуля деформации в природно-технических комплексах, по сравнению с природными комплексами уменьшились на 7-46%, удельного сцепления на 9-52% и угла внутреннего трения на 7-28%, что необходимо учитывать при эколого-геологических и проектно-исследовательских работах.

В табл. 10 приведены регрессионные уравнения набухающих характеристик от плотности грунта и коэффициента пористости, а в табл. 11 и 12 показаны их значения от коэффициента пористости и плотности грунта для природных и природно-технических комплексов.

Таблица.10.

**Регрессионные уравнения набухающих свойств нижнемеловых глин Крымского Предгорья для природных и природно-технических комплексов**

| Комплексы            | Характеристики набухания        |                                                 |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
|                      | Давление набухания, $P_n$ (МПа) | Относительное набухание, $\varepsilon_{sw}$ (%) |
| Природные            | $P_n=0,16\rho-0,209$            | $\varepsilon_{sw}=6,58\rho-1,63$                |
|                      | $P_n=0,184-0,015e$              | $\varepsilon_{sw}=16,96-8,26e$                  |
| Природно-технические | $P_n=0,183\rho-0,057$           | $\varepsilon_{sw}=12,8\rho-2,06$                |
|                      | $P_n=0,37-0,097e$               | $\varepsilon_{sw}=27,78-7,02e$                  |

Таблица.11.

**Значения набухающих характеристик нижнемеловых глин от коэффициента пористости для природных и природно-технических комплексов**

| Комп-лексы           | Характеристики набухания | Коефіцієнт пористості, e |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      |                          | 0,400                    | 0,500 | 0,600 | 0,700 | 0,800 | 0,900 | 1,000 | 1,100 | 1,200 | 1,300 | 1,400 | 1,500 |
| Природные            | $P_n$ , МПа              | 0,14                     | 0,13  | 0,12  | 0,1   | 0,09  | 0,08  | 0,07  | 0,06  | 0,05  | 0,03  | 0,02  |       |
|                      | $\varepsilon_{sw}$ , %   | 13,7                     | 12,8  | 12,0  | 11,2  | 10,4  | 9,5   | 8,7   | 7,9   | 7,1   | 6,2   | 5,4   |       |
| Природно-технические | $P_n$ , МПа              | 0,33                     | 0,32  | 0,31  | 0,30  | 0,29  | 0,28  | 0,27  | 0,26  | 0,25  | 0,24  | 0,23  | 0,22  |
|                      | $\varepsilon_{sw}$ , %   | 25,0                     | 24,3  | 23,6  | 22,9  | 22,2  | 21,5  | 20,8  | 20,1  | 19,4  | 18,7  | 18,0  | 17,3  |

Таблица.12.

**Значения набухающих характеристик нижнемеловых глин от  
плотности грунта для природных и природно-технических  
комплексов**

| Комплексы                | Характеристик<br>набухания | Плотность грунта, ρ |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|----------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                          |                            | 2,3                 | 2,2  | 2,1  | 2,0  | 1,9  | 1,8  | 1,7  | 1,6  | 1,5  |
| Природные                | P <sub>н</sub> , МПа       | 0,16                | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,05 |      |
|                          | ε <sub>sw</sub> , %        | 13,5                | 12,8 | 12,2 | 11,5 | 10,9 | 10,2 | 9,6  | 8,9  |      |
| Природно-<br>технические | P <sub>н</sub> , МПа       | 0,36                | 0,35 | 0,33 | 0,31 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,24 | 0,22 |
|                          | ε <sub>sw</sub> %          | 27,4                | 26,1 | 24,8 | 23,5 | 22,3 | 21,0 | 19,7 | 18,4 | 17,1 |

Показатели давления набухания увеличились в 2-12 раза и относительного набухания в 1,8-3,3 раза в природно-технических комплексах по сравнению с природными комплексами, что надо учитывать при прогнозировании возможных изменений свойств глин.

### Выводы

- достоверные связи между деформационно-прочностными и физическими характеристиками наблюдались между природною влажностью, плотностью скелета грунта и коэффициентом пористости;
- достоверные связи между набухающими и физическими характеристиками наблюдались между плотностью грунта и коэффициентом пористости;
- значения модуля деформации в природно-технических комплексах, по сравнению с природными комплексами, уменьшились на 7-46%, удельного сцепления на 9-52% и угла внутреннего трения на 7-28%;
- показатели давления набухания увеличились в 2-12 раза и относительного набухания в 1,8-3,3 раза в природно-технических комплексах по сравнению с природными комплексами.

### Литература

1. Сухорученко С.К. Влияние изменения физических и набухающих свойств набухающих глин на экологическую безопасность при хозяйственном освоении территории (на примере Предгорного Крыма) // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь, Национальная академия природоохранного и курортного строительства, 2005, выпуск 12. – С.89-91.



2. Пособие по расчётам опробования грунтов при инженерных изысканиях для строительства / [Сост. М.Т. Ойзерман, Б.Г. Слепцов, М.В. Рац]. – М.: Стройиздат, 1976. – 39с.

3. Ткачук Э.И. Логические ошибки интерпретации инженерно-геологической информации // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2008 – №2. – С. 168-182.

4. Руководство по составлению региональных таблиц нормативных и расчётных показателей свойств грунтов / [Сост. Б.Г. Слепцов, И.Г. Игнатьева, М.Т. Ойзерман и др.]. – М.: Стройиздат, 1981. – 55с.

5. Комаров И.С., Хайме Н.М., Бабенышев А.П. Многомерный статистический анализ в инженерной геологии. – М.: Недра, 1976. – 199с.

6. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы / [ред. Е.М. Сергеева]. – М.: Недра, 1986. – 254с.

7. ДСТУ Б В.2.1-3-96 (ГОСТ 30416-96). Грунти. Лабораторні випробування. Загальні положення. – Введ. вперше; Введ. 01.01.1997. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 1997. – 19с.

8. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Взамен ГОСТ 5180-75, ГОСТ 5181-78, ГОСТ 5182-78, ГОСТ 5183-77; Введ. 01.07.85. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 24с.

9. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості. – Взамін ГОСТ 12248-78, ГОСТ 17245-79, ГОСТ 23908-79, ГОСТ 24586-90, ГОСТ 25585-83, ГОСТ 26518-85; Введ. 01.01.1997. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 1997. – 85с.

## **Раздел 5.**

### **Технология промышленного и гражданского строительства**

**УДК 519.47(07)**

**Попов А.Г., Чемодуров В.Т.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

#### **Методические основы «исследования операций» в учебном процессе НАПКС**

*Статья посвящается вопросу о развитии стандартных, научно обоснованных принципов выбора оптимальных решений. Одним из основных таких принципов является системный анализ, включающий в себя моделирование систем и их исследование с помощью методов оптимизации. Актуальность данного исследования определяется тем, что для успешного решения задач производственной практики выпускники академии должны обладать значительным объемом научных знаний и умением творчески применять знания на деле. В связи с этим, в процессе подготовки студентов упор необходимо делать на познание принципов и основ наук, а также методов и приемов целенаправленного использования своих знаний. Тренировка в использовании этих методов к решению задач, диктуемых практикой, позволяет вырабатывать у студентов инициативу, творческий подход, умение самостоятельно решать задачи, постоянно возникающие в процессе развития строительной отрасли.*

*Изучение вопросов теории и разработки строительных сооружений, их эксплуатации, технического применения, обеспечения их устойчивости и долговечности и так далее основывается на широком применении методов моделирования и вычислительной техники.*

**Учебный процесс, системный анализ, моделирование, программирование, оптимизация, критерий оптимизации, истинность модели.**

Со времен Галилея (то есть с 17-го века) необходимым базисом научной теории и применения ее на практике становится эксперимент. Он стал существенным фактором науки в ее современном виде и занимает центральное место. Важность данного метода исследования заключена в его преимуществах:

— при эксперименте мы намеренно заставляем происходить то или другое и заставляем происходить так, чтобы наблюдение дела-

лось удобным; мы устраняем то или другое из окружающих обстоятельств, наблюдаем изменения, которые являются при этом устранении, и делаем свои заключения (словом, активно воздействуем на предмет);

– эксперимент позволяет исследовать свойства объектов, функционирующих в экстремальных условиях, что может привести к обнаружению самых неожиданных и удивительных свойств у обыкновенных вещей и тем самым позволяет глубоко проникнуть в их сущность;

– эксперимент может быть проведен, как правило, столько раз, сколько нужно для получения достоверных данных.

Таким образом, под экспериментом можно понимать совокупность действий, к которым приходится обращаться, чтобы задавать природе интересующие нас вопросы. Не каждый эксперимент, и в особенности в области исследования строительных конструкций, можно поставить на натурном объекте. Но любой эксперимент – исследовательский, проверочный или иллюстративный – может быть осуществлен на «заменителе» данной природы – модели. Важнейшим достоинством экспериментирования с моделью является возможность изучения ее в более широком диапазоне условий, чем это допускает непосредственное оперирование с оригиналом.

Модели бывают разные. Моделей бывает много. Чтобы выбрать одну из них, надо понять, что мы хотим от модели, какие требования мы к ней предъявляем. Под моделью в настоящее время понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна заменить его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте. Таким образом, если модель достаточно точно описывает объект, то ее эксперимент на объекте может быть заменен экспериментом на модели.

Из всего существующего многообразия моделей в дальнейшем остановимся на математических моделях, которые конструируются из элементов иной физической природы, по сравнению с оригиналом, но описываются той же системой математических зависимостей, что и оригинал.

Математическое моделирование широко применяется в научных исследованиях. Это объясняется тем, что натурные эксперименты над объектами зачастую невозможно организовать по различным соображениям (экономическим, временным, безопасности людей и так далее). В этом случае целесообразно применять цифровые вычислительные машины. Так, например, решение задачи

оптимального распределения ресурсов, затрачиваемых на обеспечение бесперебойной эксплуатации сооружений специального назначения, может быть реализовано посредством распределения «памяти» ЭВМ, а длительные процессы старения, износа систем и снижения их надежности могут быть прослежены технически мгновенно благодаря огромному быстродействию ЭВМ.

Основное качество модели – ее истинность. Истиной называется знание, соответствующее объективной действительности. Видимо определение истинности модели не должно отличаться от общего и традиционного определения истинности в материалистической гносеологии. То есть истинность модели означает соответствие модели объекту, а ложность модели состоит не просто в несоответствии с оригиналом, а в наличии конкретной формы этого несоответствия, которая предусматривается природой, типом моделей и целям применения модели в каждом отдельном случае.

Для моделей, обладающих с натурой одной и той же физической природой, условия их соответствия с оригиналом разработаны в теории подобия. К числу таких условий относится необходимость сохранения геометрического, кинематического, динамического теплового и других элементов подобия, учитываемых в каждом конкретном случае.

Условия сходства модели и объекта в математическом моделировании, основанном на физических аналогиях, предполагающих при различии физической природы процессов в модели и объекте тождество математической формы, в которой выражаются их общие закономерности, являются более общими.

Необходимо при этом иметь в виду, что при построении тех или иных моделей всегда сознательно отвлекаются от некоторых сторон, свойств и даже отношений, в силу чего заведомо допускается не сохранение сходства между моделью и оригиналом по ряду параметров, которые вообще не входят в формулирование условий сходства. Исходя из этого, можно сказать, что истинная модель – это такая модель, структура которой в рамках выбранных нами условий соответствия тождественна, совпадает со структурой оригинала, взятой в отвлечении от других свойств отношений и элементов. Следовательно, модель, в которой отсутствует тождество, совпадение ее структуры со структурой оригинала, будет ложной моделью.

Модель является выражением относительной истины потому, что:  
– каждая модель является временной, преходящей, отражающей лишь исторически определенной ступени проникновения по-

знания в объективную структуру и закономерности функционирования объекта;

- каждая модель неизбежно является односторонней, частичной в силу тех отвлечений и упрощений, которые при ее помощи реализуются;

- многие модели относятся к объекту на основе аналогии, предполагающей различие в «физической» природе элементов модели и объекта;

- в некоторых моделях допускается элемент отхода от действительности, элементы научной фантазии, а, следовательно, некоторые элементы фиктивности.

Невозможность построения абсолютно истинной модели и необходимость ограничиваться всегда лишь относительно истинными моделями не означает, что в моделях не могут содержаться зерна абсолютной истины. Динамическое единство абсолютного и относительного в модели обнаруживается достаточно ясно, если взглянуть на процесс развития моделей, их выдвижения, изучения, экспериментальной проверки, последующего уточнения или изменения и, наконец, смены одной модели другой.

Стремясь к достижению объективной истины, человек испытывает необходимость в критерии, с помощью которого он мог бы отличить ее заблуждения. В этой связи модель может рассматриваться как оружие проверки того, действительно ли существуют такие связи, отношения, структуры, закономерности, которые формируются в данной теории и выполняются в модели. Поэтому, если модель построена так, что в ней выполняются все требования, условия, теоремы проверяемой теории, или гипотезы, то ее успешная работа есть практическое доказательство истинности теории. Успех эксперимента с моделью есть косвенное вероятностное доказательство теории применительно к объекту. Это, конечно, заставляет предпочесть в качестве критерия истинности теории прямой эксперимент модельному. Однако, такие эксперименты, как уже указывалось выше, не везде и не всегда практически возможны и осуществимы. Поэтому в подобных условиях моделирование является важным способом проверки, испытания и косвенного доказательства истинности соответствующих теорий и выдвигаемых гипотез.

При чисто теоретических исследованиях механических явлений мы используем различного вида функциональные уравнения – обычно дифференциальные. Эти уравнения служат для установления общих качественных свойств движения и для фактического вычисления искомых функциональных связей с помощью различных

математических операций. Однако механическое исследование не всегда возможно осуществить путем математических рассуждений и вычислений. Очень часто мы не имеем вообще математической постановки задачи, так как исследуемое механическое явление настолько сложно, что для него пока еще нет удовлетворительной схемы и нет еще уравнений движения. С таким положением часто встречаются при решении многих важных задач в области гидромеханики, при изучении прочности и деформации различных конструкций, в исследовании сейсмических явлений и тому подобное. В этих случаях главную роль играют экспериментальные методы исследования, которые дают возможность установить простейшие опытные факты, на основе которых можно формулировать законы, управляющие исследуемым явлением, и записать их в виде некоторых математических соотношений.

Составной частью эксперимента является теория физического моделирования, которая дает правильный подход

- к постановке опыта;
- к обработке опытных данных;
- к распространению полученных результатов на другие объекты, недоступные эксперименту.

При этом возникают два вопроса:

- как создать модель, подобную изучаемому объекту;
- как пересчитать результаты эксперимента на изучаемый объект?

Ответ на эти вопросы дает теория подобия и размерностей. Она необходима для грамотной постановки опыта и анализа полученных данных.

Одной из проблем современной науки является разработка и внедрение в практику методов исследования динамики функционирования систем. При проектировании и создании сложных систем, их испытаниях и эксплуатации возникают многочисленные задачи, требующие знания количественных и качественных закономерностей, свойственных рассматриваемым системам. Особенно большое значение имеют вопросы, относящиеся к общей структуре системы, организации взаимосвязи между ее элементами, совокупному взаимодействию элементов системы с внешней средой, централизованному управлению функционированием элементов и так далее. Надежным инструментом в изучении этих вопросов является метод математического моделирования, который позволяет решать весьма сложные задачи.

Разработка систем представляет собой многоэтапный процесс, характеризующийся специфическими техническими и организаци-

онными мероприятиями. Основными этапами создания сложной системы обычно являются:

- формулирование требований к системе и обоснование технического задания на проектирование;
- разработка эскизного проекта;
- разработка технического проекта;
- создание опытного образца;
- испытания;
- изготовление и ввод в эксплуатацию готового образца системы;
- опытная эксплуатация и доработка головных образцов;
- организация выпуска, монтаж, наладка и ввод в эксплуатацию серийных образцов;
- модернизация системы.

На каждом из перечисленных этапов возникает множество вопросов, ответы на которые могут быть найдены только в результате глубокого исследования систем и внимательного изучения качественных и количественных данных, полученных при исследовании.

Среди задач, возникающих в связи с исследованием систем, можно выделить два основных класса: 1) задачи анализа, связанные с изучением свойств и поведения системы в зависимости от ее структуры и значений параметров; 2) задачи синтеза, сводящиеся к выбору структуры и значений параметров, исходя из заданных свойств системы.

На практике при проектировании систем, их модернизации, а также при определении оптимальных режимов эксплуатации, задачи анализа наиболее часто интерпретируются как оценка возможных вариантов системы. Для каждого из обследуемых вариантов необходимо вычислить совокупность показателей, характеризующих свойства системы (эффективность, надежность, долговечность, затраты и тому подобное). Сопоставляя эти характеристики, можно получить первое представление о преимуществах и недостатках тех или других вариантов системы. Показатели, характеризующие свойства системы, могут быть определены методом моделирования процесса функционирования системы на ЭВМ. Наличие отлаженной модели позволяет приступить к решению ряда важных задач. Характер и содержание этих задач определяются в каждом случае конкретными условиями. Однако все они связаны с анализом и интерпретацией количественных результатов, полученных в процессе моделирования.

Одной из существенных задач, возникающих на стадии проектирования, является оценка различных вариантов структуры систе-

мы. К задачам оценки вариантов структуры системы близко примыкают задачи, связанные с выбором тех параметров системы, которые обеспечивают согласование элементов системы между собой в процессе функционирования.

Исключительно важное значение имеют исследования систем в связи с вопросами управления. Современная система автоматизированного управления взаимодействует с десятками, а иногда и с сотнями различных элементов и представляет собой весьма сложный комплекс оборудования, выполняющего функции сбора информации о состояниях элементов оборудования, ее обработки, оптимального планирования и формирования управляющих сигналов.

Методом моделирования часто решаются задачи, связанные с обоснованием требований к элементам системы управления. Например, задача об оптимальном соотношении между точностью и частотой выдачи информации. Наконец, метод моделирования может быть использован для получения комплексной оценки эффективности тех или других вариантов автоматизации управления.

Математическая модель может появиться только как следствие четкого формального описания рассматриваемого процесса с требуемой степенью приближений к действительности, только в результате формализации процесса.



Рис. 1

Схематично математическую модель системы можно представить в виде блока с входными и выходными сигналами (рис. 1). Выходные сигналы ( $Y$ ) часто называются откликом системы на входные сигналы ( $X$ ). При моделировании систем мы сталкиваемся с задачами трех типов.

1). Если мы знаем уравнения, описывающие поведения системы, входные параметры, то путем решений прямой задачи можно найти отклик системы на заданный входной сигнал. Эту ситуацию моделировать наиболее просто. Уравнения можно вывести в ходе проектирования системы или же написать на основе предыдущего исследования подобных систем.

2). Известны описание математической модели и выходной сигнал, необходимо найти входной сигнал, вызывающий заданный отклик. Либо необходимо подобрать в заданных пределах входной



сигнал, вызывающий максимальное или минимальное значение отклика. Эти задачи относятся к классу задач управления.

3). Более сложная задача возникает, когда заданы совокупности входных и соответствующих выходных сигналов, а необходимо найти математическое описание самой системы. Это задача идентификации или структурного синтеза системы. Если природа исследуемого процесса совершенно неизвестна или известна весьма слабо, мы имеем дело с задачей идентификации черного ящика.

Самостоятельный интерес представляет задача **исследования** разработанных моделей функционирования систем. Эта задача связана с проблемами принятия решений по тем или иным критериям, оцениваемым с помощью методов оптимизации. Выбор решения определяется целями и располагаемыми средствами. Исследование операций и методы оптимизации указывают научные подходы к выбору оптимальных, научных решений. Математические модели исследования операций носят ярко выраженный нормативный оптимизационный характер: требуется достичь экстремальных значений функций цели (одной или нескольких) при определенных ограничениях, то есть в некотором множестве допустимых решений.

Практическое применение некоторых методов исследования простой математической модели изложено в статьях слушателей группы ПГС-201, принявших активное участие в разработке алгоритмов оптимизации и представивших свои отчеты на академической конференции.

### Литература

1. Адлер Ю.П. и др. – Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., «Наука», 1971г.
2. Волгин Н.С. и др. – Исследование операций. Л., ВМА, 1981г.
3. Ермольев Ю.М. и др. – Математические методы исследования операций. К., «Вища школа», 1979г.
4. Моисеев Н.Н. – Математические задачи системного анализа. М., «Наука», 1981г.
5. Чемодуров В.Т. – Поиск оптимума в задачах с ограничениями по вероятности. Л., ВМА, 1981г.
6. Чемодуров В.Т. – Прикладные методы статистического оценивания. Л., ВМА, 1981г.
7. Шеннон Р. – Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М., «Мир», 1978г.

## **Раздел 6. Техногенная безопасность**

**УДК 712:502.1**

**Дюкова Л. А., аспирант, Захаров Р. Ю., к.т.н., доцент**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Концепция повышения экологической устойчивости парковых территорий.**

*Установлена классификационная принадлежность парковых территорий к природно-хозяйственным территориальным системам; определена первостепенная задача на пути повышения устойчивости парковых территорий и сформулирована концепция повышения экологической устойчивости парковых территорий, которая заключается в усилении стабилизирующей формы антропогенной нагрузки, не приводящей к выходу системы из ее настоящего инварианта, но стабилизирующей данную стадию ее развития.*

**Экологическая устойчивость, парковая территория, природно-хозяйственная территориальная система, концептуальная модель**

**Введение.** Проблема устойчивости как фундаментального свойства природных систем является одной из центральных проблем современной науки, в большей степени нашедшей свое отражение в экологии и ландшафтоведении.

Обширный диапазон применения понятия устойчивости, связанный с изучением данного свойства в пределах биологических, географических, социальных и других систем, определил широкую терминологию и множество вариантов его интерпретации. При характеристике устойчивости природных систем используются термины: устойчивость, инертность, стабильность, гомеостатичность, толерантность, статичность и другие, толкование которых в большинстве случаев либо представляется слишком широким, либо отражает лишь отдельные аспекты сложного понятия устойчивости.

**Анализ публикаций.** А.Д. Арманд для определения понятия устойчивости предлагает термин «гомеостазис» по аналогии с тер-

мином «гомеостаз» для живых организмов, который определяет состояние внутреннего динамического равновесия, поддерживаемого регулярным возобновлением основной структуры системы. Под устойчивостью понимается способность системы возвращаться после возмущения в исходное состояние [1]. Такая трактовка приводится и в некоторых других работах [6, 10]. И.Н. Росновский рассматривает устойчивость как способность системы сохранять свои свойства и параметры режима функционирования в условиях воздействия внутренних и внешних возмущений. Он выделяет две категории устойчивости: упругость – как свойство объекта возвращаться в исходное состояние после прекращения действия возмущений, и пластичность – способность накапливать результаты внешних воздействий до некоторых пределов, не меняя при этом свои свойства и структуру [7].

Наиболее развернутое исследование данного вопроса выполнено М.Д. Гродзинским, который выделяет три общие формы устойчивости [3]:

- инертность - определяется как способность геосистемы при действии на нее внешнего фактора сохранять свое состояние в границах заданной области на протяжении всего заданного интервала времени;

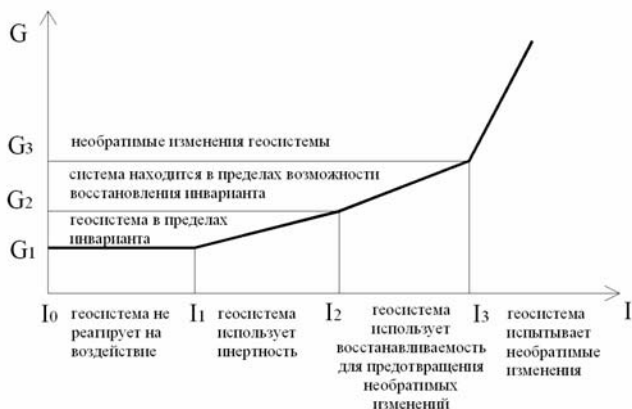
- восстанавливаемость – способность геосистемы возвращаться к начальной области состояний после выхода из нее;

- пластичность – наличие в геосистеме нескольких областей состояний, находясь в которых она способна к инертности и (или) восстанавливаемости и ее способность при действии внешнего фактора переходить из одной такой области в другие, сохраняя при этом свои инвариантные признаки на протяжении заданного интервала времени.

Инвариант геосистем (от франц. *invariant* - неизменяющийся) понятие, введенное В. Б. Сочавой для обозначения совокупности присущих геосистеме свойств, которые сохраняются неизменными при преобразовании [8].

**Результаты и анализ исследований.** Если геосистема остается в пределах инварианта, то можно говорить об устойчивости в классическом виде. Когда геосистема выходит за пределы инварианта, то в дальнейшем она или возвращается в прежнее состояние, или перестает существовать в прежнем виде, поскольку смена инварианта – это формирование новой геосистемы. Выделенные формы устойчивости геосистем занимают определенное место в системе сложных механизмов обеспечения устойчивости при воздействии возмущающего фактора [2]. На рис.1. представлена схема соот-

ношения силы антропогенного воздействия и реакции геосистемы с участием различных форм ее устойчивости.



**Рис.1. Соотношение величины воздействия ( $I$ ) и реакции геосистемы ( $G$ ).**

Антропогенное воздействие до достижения определенной силы не вызывает изменений в геосистеме, т.е. геосистема остается нечувствительной к данному типу воздействия (интервал воздействия  $I_0$ - $I_1$ ) до определенного предела. Более сильные воздействия (более  $I_1$ ) вызывают сдвиги в геосистеме: для сохранения своей структуры она использует механизм инертности, что позволяет ей оставаться в пределах инварианта. При определенной силе воздействия ( $I_2$ ) запасы истощаются и геосистема может выйти за пределы инварианта, сохраняя возможность возвращения в пределы инварианта, если она обладает свойствами восстанавливаемости ( $I_2$  -  $I_3$ ). Если воздействие продолжается и усиливается (более  $I_3$ ), то наступают необратимые изменения геосистемы (более  $G_3$ ) [2].

Парковые территории представляют собой антропогенные ландшафты [4], сформировавшиеся под организационным влиянием антропогенного фактора. Преобразующая хозяйственная деятельность человека, приводящая к коренному изменению компонентов ландшафта, выступает при этом внешним по отношению к системе фактором воздействия.

Однако, существует иной подход, позволяющий рассматривать парки как природно-хозяйственные территориальные системы (ПХТС), где хозяйственная и природная подсистемы образуют це-

лостное единство, а антропогенный фактор является внутренним элементом развития системы. Данный тип геосистем отличается от понятия "антропогенный ландшафт" тем, что антропогенный ландшафт представляет собой структурный элемент природы, преобразованной хозяйственной деятельностью человека, в то время как ПХТС - функционирующее целое, изменяющее природную основу, участвующее в формировании антропогенного ландшафта и технологического продукта хозяйственной деятельности [9].

В зависимости от первичного происхождения и функциональной роли компоненты ПХТС можно разделить на две группы: собственно природные и антропогенные. К антропогенным компонентам относятся население и результат его деятельности – техновещество (рис. 2).



**Рис. 2. Концептуальная модель парковой ПХТС.**

Компоненты ПХТС на уровне хозяйственной и природной подсистем объединены в четыре блока: абиотический, биокосный, биотический и антропогенный (табл.1) [5].

Анализ выделенных блоков, с точки зрения функционирования компонентов как систем, показывает, что компоненты абиотического, биокосного и биотического блоков продуктами своей жизнедеятельности не загрязняют среду своего существования (за исключением периодических нарушений устойчивости - катастроф). Антропогенный блок компонентов нарушает не только свое собственное функционирование, но и функционирование всех остальных компонентов. Дисгармоничность отношений хозяйственной и природной подсистем способствует интенсивному развитию уже имеющихся деструктивных процессов, а главное, приводит к возникновению новых, ранее не характерных. Происходит нарушение механических, геохимических, биоценотических механизмов само-

организации природных подсистем, что бумерангом отражается и на самой хозяйственной подсистеме. Это ведет к неустойчивости как самой системы, так и ее отношений со средой своего существования [5].

Таблица 1.

### Блоки компонентов ПХТС

| Подсистемы ПХТС | Блоки компонентов | Компоненты ПХТС                                        |
|-----------------|-------------------|--------------------------------------------------------|
| ПРИРОДНАЯ       | Абиотический      | Горные породы<br>Атмосферный воздух<br>Водные растворы |
|                 | Биокосные         | Почвы                                                  |
|                 | Биотический       | Экосистемы                                             |
| ХОЗЯЙСТВЕННАЯ   | Антропогенный     | Население<br>Технические сооружения                    |

Применительно к парковым территориям первостепенная задача на пути повышения устойчивости состоит в стабилизации и поддержании определенного инварианта развития системы.

Согласно генетической классификации ПХТС парковые территории относятся к конструктивному типу ПХТС [5]. Они создаются по определенному плану, принципиально меняющему исходную геосистему, и, в отличие от естественных, являются регулируемыми по направленности, характеру и силе воздействия. Хозяйственная деятельность (антропогенный блок) как организационный фактор существования геосистемы может как снижать, так и повышать ее устойчивость, способствовать согласованному (совместимому) развитию природной и хозяйственной подсистем. Исходя из этого, возможно выделение следующих форм антропогенной нагрузки, различных по характеру своего воздействия:

- стабилизирующая – повышающая устойчивость данного инварианта системы

- деструктивная – снижающая устойчивость данного инварианта геосистемы или приводящая к смене его другим инвариантом.

Таким образом, концепция повышения экологической устойчивости парковых территорий заключается в усилении стабилизирующей формы антропогенной нагрузки, не приводящей к выходу системы из ее настоящего инварианта, но стабилизирующей данную стадию ее развития.

### Выводы

1. На основании проведенного анализа установлено, что парки относятся к природно-хозяйственным территориальным системам (ПХТС), в которых хозяйственная и природная подсистемы образуют целостное единство, а антропогенный фактор является внутренним элементом развития системы.

2. Применительно к парковым территориям первостепенная задача на пути повышения устойчивости, в первую очередь экологической, состоит в стабилизации и поддержании определенного инварианта развития системы.

3. Концепция повышения экологической устойчивости парковых территорий заключается в усилении стабилизирующей формы антропогенной нагрузки, не приводящей к выходу системы из ее настоящего инварианта, но стабилизирующей данную стадию ее развития.

### Литература

1. Арманд А.Л. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий / А.Л. Арманд // Устойчивость геосистем. – М.: Наука, 1983. – С. 14-32.

2. Боков В.А. Нормирование антропогенной нагрузки на окружающую природную среду / Боков В.А., Бобра Т.В., Лычак А.И.; учебное пособие для ВУЗов. – Симферополь: Таврический Экологический Институт, 1998. – 110 с.

3. Гродзинский М.Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень / Гродзинський М.Д. – К.: Лікей, 1995. - 233с.

4. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты: очерки антропогенного ландшафтоведения / Мильков Ф. Н. — М.: Мысль, 1973. — 224 с.

5. Позаченюк Е.А. Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы / Позаченюк Е.А. – Симферополь, 2006. – 473с.

6. Пузаченко Ю.Г. Инвариантность геосистем и их компонентов (общие вопросы)/ Ю.Г. Пузаченко // Устойчивость геосистем. – М.: Наука, 1983. – С.32-41.

7. Росновский И.Н. Устойчивость экосистем: введение в проблему и методы исследования / Росновский И.Н. - Томск: Изд-во «Спектр» ИОА СО РАН, 1997. – 53 с.

8. Сочава В.Б. Определение некоторых понятий и терминов физической географии / В.Б.Сочава // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. – 1963. – Вып.6. – С.50-59.

9. Швебс Г.И. Концепция природно-хозяйственных территориальных систем и вопросы рационального природопользования / Г.И.Швебс // География и природные ресурсы. – 1987. – №4. – С. 30-38.

10. Holling C.S. Resilience and Stability of Ecological Systems / C.S. Holling // Annual Rev.in Ecology and Systematics. – 1973. – Vol.4. - P. 1-23.

**Замша В. Т., аспирант.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства.*

## **Принципы безопасного освоения эродированных территорий.**

*Рассматривается вопрос обеспечения безопасного освоения и эксплуатации эродированных территорий.*

### **Овражно-балочные явления, инженерная подготовка.**

**Введение.** Рост численности городского населения обуславливает необходимость реконструкции и расширения существующих городов, развития разнообразных видов городского строительства. Ставится задача рационального использования ограниченных природных ресурсов, которую можно решить путём освоения неудобных земель, в частности территорий подверженных оврагообразованию. Эрозионный процесс согласно СНиП 2.01.15 – 90 [6] является опасным геологическим процессом и в сочетании с другими процессами, требует принятия комплексных решений. По пригодности для размещения строительства такие территории в зависимости от конкретных инженерно-геологических условий и характера рельефа, гидрогеологических условий являются осваиваемыми и трудноосваиваемыми, требующими мер инженерной подготовки (несложных или сложных). В связи с этим возникает проблема безопасного градостроительного использования таких земель.

Цель работы – разработать теоретические предпосылки для создания нормативного документа по безопасному освоению эродированных территорий Крымского полуострова.

Задачи исследования:

- классифицировать природные и антропогенные факторы, осложняющие строительное освоение эродированных территорий;
- на основе этого и анализа процесса оврагообразования установить комплекс целесообразных мероприятий по освоению, охране и улучшению природной среды эродированных территорий.

Объектом исследования являются земли, подверженные овражной эрозии, а предметом методы инженерной подготовки и



рационального освоения таких территорий, обеспечивающие безопасность природопользования.

Термин безопасность можно использовать в приложении к различным отраслям науки. Безопасность в природопользовании по Реймерсу [5] – это совокупность условий, обеспечивающих минимальный уровень неблагоприятных воздействий природы и технологических процессов её освоения на здоровье людей. Безопасность в природопользовании рассматривают в пределах всех форм отраслевого природопользования (в т. ч. строительство) и в области прямого и опосредованного воздействия на человека (глобально, регионально, локально). А под экологической безопасностью Реймерс [5] понимает:

совокупность действий, состояний и процессов, прямо или косвенно не приводящих к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде, отдельным людям и человечеству;

комплекс состояний, явлений и действий, обеспечивающий экологический баланс на Земле и в любых её регионах на уровне, к которому физически, социально-экономически, технологически и политически готово (может без серьёзных ущербов адаптироваться) человечество. Безопасность экологическая может быть рассмотрена в глобальных, региональных, локальных и условно точечных рамках, в т. ч. в пределах государств и их любых подразделений. Фактически она характеризует геосистемы различного иерархического ранга – от биоценозов до биосферы в целом. Безопасность экологическая ограничена временными рамками и размахом производимых акций: кратковременное воздействие может быть относительно безопасным, а длительное – опасным, изменение в локальных рамках почти безобидным, а широкомасштабное фатальным.

Человек своей деятельностью оказывает разнообразное влияние на развитие овражно-балочных явлений. Рассмотрим кратко процесс развития оврагов. Дождевые и талые воды, стекая с водоразделов и склонов, совершают огромную геологическую работу по смыву и размыву рыхлых образований, их слагающих. В результате размыва склонов и водоразделов образуются овраги. Овраги, по мнению Ломтадзе В. Д. [1] являются результатом начальной ускоренной линейной эрозии - размыва склонов и водоразделов потоками дождевых и талых вод.

Овраг - это форма рельефа, образовавшаяся на склоне или водоразделе, представляющая собой относительно глубокий, вытянутый в длину, извилистый или ветвящийся размыв (врез), образующий своеобразную долину временных потоков в паводок

или небольших ручейков, пересыхающих в засушливое время года. Длина и глубина оврагов изменяется в широких пределах. Каждый овраг имеет днище с выраженным или невыраженным руслом временного потока и склоны, напоминающие искусственные откосы и обычно примыкающие к нему отвершки I, II, III и других порядков. По периферии к вершине оврага и его отвершков (благодаря развитию плоскостного смыва) нередко в рельефе наблюдаются понижения - ложбины стока.

Процесс развития оврагов проходит в несколько стадий: первая стадия - образование промоин или рытвин глубиной до 0,5 м, треугольной формы; вторая стадия - стадия ускоренного врезания оврага вершиной, углубления, развития отвершков; третья стадия - стадия выработки продольного профиля равновесия; четвёртая стадия – затухание эрозионных процессов и превращение оврага в балку [1]. Наблюдения показывают, что при изменении условий (распашка земель, вырубка леса, прокладка дороги и др.) овраги вновь образуются в балках по их склонам, в вершине или по днищу, увеличивая степень овражности района.

Природными факторами, определяющими условия развития эрозионных процессов на склонах и водоразделах и образование овражно-балочных систем, являются: геологическое строение района, его рельеф, климатические условия и растительный покров. Выделяют такие антропогенные факторы развития овражно-балочных явлений [1, 4]: нарушение защитного растительного (дернового) покрова, вырубка деревьев, кустарников на склонах и водоразделах; подрезку и распашку склонов (нарушение правил землепользования); устройство незакрепленных насыпей и выемок при прокладке поперек склона дорог, водоотводящих канав и др. коммуникаций; неорганизованный сброс промышленных, хозяйственных, дождевых вод и снега в овраги; размывы поверхностных пород при утечках воды из водопроводной, водосточной и канализационной сетей; искусственное понижение местного базиса эрозии.

С точки зрения инженерного освоения территории по природным условиям условно разделяют на три категории [4]: благоприятные, неблагоприятные и особо неблагоприятные (для каждой функциональной зоны города). В числе прочих природных факторов, влияющих на оценку пригодности территории, есть критерий «овраги»: их наличие или отсутствие; размеры (глубина, площадь); действующий овраг или недействующий; интенсивность оврагообразования; стабилизировался овраг или нет; состояние склонов оврага.

Справочник [4] выделяет следующие задачи инженерной подготовки территорий с действующими оврагами:

- изменение природно-техногенной обстановки на эродированных территориях с целью предотвращения развития оврагов и эрозионных процессов;
- частичная или полная ликвидация оврагов, создающих угрозу разрушения зданий и сооружений или др. особо неблагоприятные для города условия;
- проведение специальных инженерных мероприятий по подготовке и приспособлению овражных территорий к использованию их в градостроительных целях.

При подборе состава мероприятий по инженерной подготовке овражных территорий учитывают морфометрические и морфографические характеристики оврагов, градостроительную ценность территории, дальнейшее использование прилегающей территории. На основе изложенного можно сформулировать такие принципы освоения овражно-балочных территорий:

1. Охрана природных ресурсов, что подразумевает собой регулирование поверхностного стока и защиту территорий от разрушения их эрозией, а также создание условий для безопасного освоения и эксплуатации таких территорий при строительстве. Опыт показывает, что для борьбы с овражно-балочными явлениями эффективно применять комплекс следующих мероприятий: лесомелиоративные работы; противозэрозионные мелиорации и защитные гидротехнические сооружения; укрепление участков активного развития размыва насыпкой промоин с последующим мощением камнем, укреплением их габионами, бетонными плитами, каменной наброской, свайными рядами, а также одерновкой. Применение, мероприятий предусматривающих частичную или полную засыпку или замыв оврагов в сочетании с техническими и др. видами мелиораций.[1, 4]; строгое соблюдение правил землепользования и агротехники.

2. Обеспечение устойчивости осваиваемых овражно-балочных территорий. В зависимости от вида оврага и градостроительного использования территорий в справочнике [4] выделяют соответствующие мероприятия инженерной подготовки овражных территорий в районах городской застройки и вне застройки соответственно.

3. Обеспечение безопасности проведения строительных работ и эксплуатации зданий и сооружений, предотвращение деформаций геологической среды.

Далее выполняют комплексную оценку природных факторов, позволяющую учесть их влияние на качество природной и создаваемой градостроительной среды и прогнозировать возможное ухудшение условий при застройке территории и её эксплуатации. С целью безопасного проведения строительных работ и эксплуатации зданий и сооружений производится прогнозная оценка изменений геологической среды [3], которая включает исследования, касающиеся воздействия подземных сооружений и конструкций на состояние геологической среды в соответствии с местными геоморфологическими, инженерно-геологическими, гидрогеологическими и другими условиями на основе учёта следующих факторов: технологии строительства; глубины заложения фундаментов.

На основе выполненного обзора литературы следует отметить, что авторы рассматривают эрозионные явления, распространённые в степной и лесостепной зонах, а мероприятия по освоению таких территорий в предгорных и горных районах освещены недостаточно. Следовательно, затронутые вопросы требуют дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

### **Вывод.**

Установлен комплекс целесообразных инженерно-строительных, технологических, планировочных и иных мероприятий по освоению, охране и улучшению природной среды. Для повышения безопасности освоения эродированных территорий обоснована необходимость разработки нормативных документов.

### **Литература.**

1. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л., «Недра», 1977, 479 с.
2. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология: Специальная инженерная геология: Учебное пособие. – Л.: Недра, 1978 – 496 с.
3. Градостроительная экология: Учеб. пособие для строит. вузов / Н. В. Маслов; Под. ред. М. С. Шумилова. - М.: Высш. шк., 2002. - 284 с.: ил.
4. Справочник по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий/ Под ред. В. С. Нищука. – Киев: Будивельник, 1983. – 192 с.
5. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. - М.: Мысль, 1990. - 637 с.
6. СНиП 2.01.15 – 90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования / Госстрой СССР. - М.: Арендное производственное предприятие ЦИТП, 1991, - 32 с.

УДК 504.058

**Стоянов В. У. Д.т.н. профессор, Фридман А.В., аспирант**  
*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Проблема загрязнения и очистки морских акваторий от нефтепродуктов**

*В статье исследуется проблема загрязнения морских акваторий нефтепродуктами и оценивается эффективность существующих способов очистки морских вод от нефтепродуктов.*

**Нефтяное загрязнение, оценка степени загрязненности поверхности воды плавающей нефтью, способы очистки, сорбенты**

Проблема очистки поверхностных вод от нефти является одной из кардинальных проблем охраны окружающей среды, поскольку нефть и нефтепродукты наносят колоссальный урон биосфере [3]. Катастрофических размеров достигло загрязнение океана, в него попадает 30 млн.т нефти в год. Площадь нефтяной пленки на поверхности составляет 1/5 площади океана. Нефтяная пленка в таких размерах очень опасна. Она нарушает газо- и влагообмен между атмосферой и гидросферой, угнетает развитие жизни, особенно планктона, обуславливает более высокое (на 2-3 %) альбедо, чем поверхность чистого океана. Ежегодные потери нефти оценивают миллиардами долларов. Однако экологический ущерб от таких инцидентов многократно превосходит прямые потери [10, 11].

Известно, что один литр нефтепродуктов может исключить из питьевого баланса 1 млн. литров воды; один килограмм образует на поверхности воды нефтяную пленку площадью 1 га, губительную для обитателей акватории [3].

**Нефтяное загрязнение и его последствия.** К числу наиболее вредных химических загрязнителей, как указано в принятой в Международной конвенции по предотвращению загрязнения моря с судов от 1973 года, измененной и дополненной в соответствии с Протоколом от 1978 года (MARPOL 73/78) относятся нефть и нефтепродукты [3].

Нефтяное загрязнение — грозный фактор, влияющий на жизнь всего Мирового океана. Особенно опасно загрязнение высокоширотных вод, где из-за низкой температуры нефтепродукты практически не разлагаются и как бы «консервируются» льдами, поэтому нефтяное загрязнение может нанести серьезный ущерб окружающей среде Арктики и Антарктики [10, 11].

Основными причинами загрязнения воды нефтью являются:

1. Техногенные катастрофы:

Танкерный флот обеспечивает транспортировку половины добываемой на мировом шельфе нефти. В мире добывают около 2,2 миллиарда тонн нефти в год, причем в море около 440 миллионов тонн. Ее транспортировка на танкерах (ежегодно по 1,5 млрд. т), конечно же, не обходится без аварий, причина которых состоит в хозяйственной деятельности людей, часто связанной с принятием непродуманных решений, халатностью, а иногда просто с непрофессионализмом и незнанием природных закономерностей.

Техногенные экологические катастрофы, вызванные разливами нефти при авариях на танкерах, относятся к числу наиболее распространенных. По данным международной организации ИМСО [1], общее количество нефти и нефтепродуктов, ежегодно попадающих в воды Мирового океана, уже сейчас достигает 10 млн т. Причем эта опасность растет с увеличением тоннажа танкеров и их количества. По подсчетам специалистов, общая вероятность аварии равна 0,4 на 1000 рейсов. Вероятность риска разлива принимается равной 0,05 на 1000 рейсов в открытом море и 0,25 в опасных местах. С учетом вероятной частоты аварии с посадкой на мель и столкновением средний размер нефтяного разлива может быть оценен как 1/48 от количества перевозимой за рейс нефти.

2. Промышленно-бытовая деятельность человека:

Большие массы нефти с суши поступают в моря по рекам, с бытовыми и ливневыми стоками. Объем загрязнения нефтью из этого источника превышает 2 млн. т. нефти в год. Со стоками промышленности и нефтеперерабатывающих заводов в море ежегодно попадает до 0,5 млн. т. нефти [5, 12].

3. Естественный розлив нефтепродуктов:

В проливе Санта-Барбара у Калифорнии уже многие века в море просачивается из трещин и расщелин в морском дне ежегодно 3000 т нефти, однако, загрязнения у берегов не наблюдается. Сравнительно быстрое поглощение нефти объясняется несколькими

причинами. Нефть испаряется. Бензин полностью испаряется с поверхности воды за шесть часов. За сутки испаряется не менее 10 % сырой нефти, примерно за 20 дней - 50 %. Но более тяжелые нефтепродукты почти не испаряются. Нефть эмульгируется и диспергируется, то есть разбивается на мелкие капельки. Сильное волнение моря способствует образованию эмульсии нефти в воде и воды в нефти. При этом сплошной ковер нефти разрывается, превращается в мелкие капельки, плавающие в толще воды. Нефть растворяется. В её составе имеются вещества, растворимые в воде, хотя их доля, в общем невелика.

Таблица 1

### Шкала визуальной оценки степени загрязненности поверхности воды плавающей нефтью

| Оценка, баллы | Количество нефти на 1 м <sup>2</sup> поверхности, г | Внешний вид поверхности воды                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0             | -                                                   | Чистая водная поверхность без признаков опалесценции (отсутствие признаков цветности при различных условиях освещения)                                               |
| 1             | 0,1                                                 | Отсутствие пленки и пятен, отдельные радужные полосы, наблюдаемые при наиболее благоприятных условиях освещения и спокойном состоянии водной поверхности             |
| 2             | 0,2                                                 | Отдельные пятна и серая пленка серебристого налета на поверхности воды, наблюдаемые при спокойном состоянии водной поверхности, появление первых признаков цветности |
| 3             | 0,4                                                 | Пятна и пленка с яркими цветными полосами, наблюдаемые при слабом волнении                                                                                           |
| 4             | 1,2                                                 | Нефть в виде пятен и пленки, покрывающая значительные участки поверхности воды, не разрывающаяся при волнении, с переходом цветности к тусклой мутно-коричневой      |
| 5             | 2,4                                                 | Поверхность воды покрыта сплошным слоем нефти, хорошо видимой при волнении, цветность темная, темно коричневая                                                       |

Для определения оптимального способа очистки морской акватории необходимо оценить степень загрязненности поверхности воды плавающей нефтью [2, 4].

Оценочные параметры степени загрязненности поверхности воды плавающей нефтью определяются визуально [2]. Параметры

степени загрязненности, указанные в табл. 1, определяются в основном количеством нефти на  $1 \text{ м}^2$  морской поверхности. [2, 4, 6, 7].

**Основные методы борьбы с разлитой нефтью в воде.** Методы очистки морских вод можно разделить на механические, химические и биологические. Когда же они применяются вместе - комбинированные. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей.

#### 1. Химический:

Химический метод заключается в том, что на водную поверхность наносятся различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков.

Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25%. Данный способ заключается в приготовления сорбента для очистки воды от нефти и нефтепродуктов включает обработку алюмосиликатных полых микросфер (отжигов золы-уноса угольных теплоэлектростанции) сырой нефтью и последующее ее выжигание воспламенением при свободном доступе воздуха (горения) с поддержанием процесса до прекращения горения, важно, чтобы не было вмешательства человека в этот процесс. Адсорбционная способность адсорбента составляет  $800 \text{ мг/г}$  ( $470 \text{ мг/см}^3$ ). Степень объемной очистки воды от водно-эмульсионных и растворенных нефти и нефтепродуктов не менее 98% [6].

Данный способ борьбы с нефтяными загрязнителями экономический выгоден, но не может быть применен на большой площади.

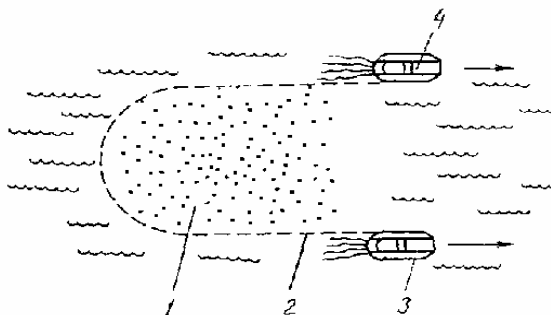
Этот способ носит локализованный характер. Например, очистка локализованного количества воды от нефти.

Также химический метод не обеспечивает экологическую чистоту процесса очистки и требует больших затрат для изготовления химикатов, их транспортировки и хранения.

#### 2. Механический:

Сущность механического метода состоит в том, что с максимально-возможной морской поверхности, загрязненной нефтепродуктами, загрязнители собираются боновыми заграждениями (рис. 1), сорбируют, а за тем в дальнейшем (после обработки) вторично используются [2, 5].





**Рис. 1. Движение нефтемусоросборщиков при очистке открытой акватории:**

**1 - загрязняющие вещества; 2 - оперативные боновые загрязнения; 3 - нефтемусоросборщик;  
4 - вспомогательный нефтемусоросборщик**

Данный метод эффективен на больших площадях и может применяться как на больших глубинах, так и на мелководье. Вместе с тем метод требует больших энергетических затрат и дополнительных конструктивных элементов, что снижает производительность.

#### 4. Биологический:

Биологический метод очистки морских вод основан на обработке загрязненной акватории полиакриламидом, содержащим 5-80% гель-фракции с иммобилизованными в нем аэробными морскими микроорганизмами, выбранными из группы *Alteromonas*, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Delia*, *Moraxella*, *Bacillus*, *Flovabacterium*, *Micrococcus*, *Micobacterium* или их смесями. Таким образом биологические сорбенты тонкой бактериальной пленкой покрывают всю загрязненную поверхность. Благодаря этой пленке интенсивно протекают процессы биологического окисления, и происходит деструкция нефтепродуктов [6, 12].

Данный метод максимально эффективен для борьбы с нефтяными загрязнителями, однако влечет к значительным финансовым затратам, необходимых для изготовления биосорбентов. Также биологический метод не обеспечивает регенерацию разлитой нефти, что приводит к невозможности использования нефтепродуктов в качестве вторичного сырья.

### Вывод

Рассмотрены основные причины загрязнения морских вод нефтепродуктами. Проанализированы основные методы борьбы с разлитой нефтью в воде. Однако, несмотря на некоторые успехи в поиске эффективных средств, ликвидирующих загрязнения, о решении существующей проблемы говорить рано. Остается до конца не решенной задача по созданию неэнергоемкого, экологически чистого эффективного устройства.

### Литература

1. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL 73/78).
2. ММФ от 19.03.90 № 29, Правила ведения работ по очистке загрязненных акваторий портов, РД 31.04.01-90
3. Girusov T.V., Bobylev S.N., Novoselov A.L., Chepurnykh N.V. Ecology and Environmental and Resources Economics. M.: UNITY, 2000. – 455p.
4. Пашенко А.А., Крупа А.А. /Очистка воды от нефти и нефтепродуктов с помощью модифицированного перлита.// В кн. Роль химии в охране окружающей среды. Киев: Наукова Думка, 1983. – С.189-197.
5. А.С. СССР № 998645, МКИ Е 02 В 15/04 //Способ получения материала для удаления нефтепродуктов с поверхности воды /А.И. Киприанов, Ю.Д. Юдкевич, А.Н. Завьялов, Ю.М. Гольшмидт, Е.А. Лебедев. Опубл. 23.02.83. БИ №7, 1983.
6. А.С. U.S. №1773873, МКИ с 02 Г 1/28 //Способ очистки поверхности воды от нефти /В.Ж. Арнс, О.М. Гридин, Р.С. Миже-рова, А.В. Заволонский. Опубл. 07.11.92 БИ №41, 1992.
7. Санитарные правила и нормы. Охрана поверхностных вод от загрязнений /Министерство здравоохранения СССР: М., 1988. – С. 16.
8. Когановский А. М. Адсорбция и ионный обмен в процессах
9. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия. 1982.168 с.
10. Наука об океане; Москва; 1981
11. Океан сам по себе и для нас»; Москва; 1982
12. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Под редакцией О.А. Юшманова М.: Агропромиздат 1985

УДК: 504/004.8

**Фокина Н. А., ассистент**

*Национальная Академия Природоохранного и Курортного Строительства*

## **Нейронные сети и их применение в прогнозировании динамики берегов**

Возможности, которые предоставляют на сегодняшний день нейронные сети, привлекли к ним большое количество исследователей из различных областей науки. В океанографических исследованиях прогнозирование на основе нейронных сетей является относительно новым методом. Не смотря на это, существует множество примеров его успешного использования в данной области. В данной статье обобщены сведения о работах, описывающих результаты использования данного метода к решению задач берегопереработки, а так же приводятся основные этапы построения и обучения нейронных сетей для моделирования деформаций поперечного берегового склона под воздействием нерегулярных штормовых волн. Проверка результатов проводилась путем сравнения откликов нейронных сетей на входящие параметры с наблюдаемыми данными применительно к трем участкам Каламитского залива.

Современное развитие средств компьютеризации во всем мире проходит под знаком программы "Вычисления в Реальном мире", инициированной Японией в 1992 г. [1]. В ней речь идет прежде всего о том, чтобы дать вычислительным и управляющим системам возможность самостоятельно, без помощи человека воспринимать сигналы внешнего мира и воздействовать на него. Авторы программы огромную роль - до 30-40% ее содержания - отводят развитию систем искусственного интеллекта, исследованию естественных и созданию искусственных нейросетевых систем. В Украине ведущие места по разработке и внедрению нейронных систем принадлежат крупным промышленным центрам с авиастроительной и радиоэлектронной промышленностью - Киеву, Львову, Одессе, Харькову и Виннице. Сравнивая объемы запатентованных разработок по нейрокибернетике, имеющих достаточное теоретико-практическое значение, в СНГ и зарубежных странах, к сожалению, необходимо признать, что, в целом, отечественные разработки существенно отстают от зарубежных, как в количественном, так и в качественном аспектах и составляют менее 1,5% от общемирового

количества патентов. Та же картина наблюдается и в области прикладных разработок [2].

Цель данной статьи – проанализировать возможности нейронных сетей для задач прогнозирования береговых деформаций путем обобщения работ, описывающих результаты использования данного метода к решению задач берегопереработки, а так же ознакомить с результатами нейропрогноза на основе построенных и обученных сетей для моделирования деформаций поперечного берегового склона под воздействием нерегулярных штормовых волн применительно к трем участкам Каламитского залива. Проверка результатов проводилась путем сравнения откликов нейронных сетей на входящие параметры с наблюдаемыми данными. Для анализа результатов прогноза использовались данные промеров в районе Сакской и Сасык-Сивашской пересыпей в пред- и пост- штормовые периоды в феврале и марте 2010 года.

По существу, нейронные сети - это математический аппарат, позволяющий строить алгоритмы обработки информации, обладающие уникальной способностью обучаться на примерах и «узнавать» в потоке зашумленной и противоречивой информации приметы ранее встреченных образов и ситуаций. Они позволяют находить скрытые зависимости между входными и выходными данными, которые остаются вне внимания традиционных методов.

В основе всего нейросетевого подхода лежит идея построения вычислительного устройства из большого числа параллельно работающих простых элементов - формальных нейронов. Эти нейроны функционируют независимо друг от друга и связаны между собой каналами передачи информации. Ядром нейросетевых представлений является идея о том, что каждый отдельный нейрон можно моделировать довольно простыми функциями, а вся сложность мозга, гибкость его функционирования и другие важнейшие качества определяются связями между нейронами. Существует несколько вариантов утверждений о том, что нейронная сеть может вычислять любую функцию с произвольной, наперед заданной точностью [3-6].

Основным преимуществом использования нейронных сетей является способность обучаться на множестве примеров в тех случаях, когда неизвестны закономерности развития ситуации, и какие бы то ни было зависимости между входными и выходными данными. В таких случаях пасуют как традиционные математические методы, так и экспертные системы.

Таким образом, нейронные сети являются универсальными аппроксиматорами обучающих данных. В процессе обучения подбираются его функциональные коэффициенты (векторы весов отдельных

нейронов). На этапе функционирования при зафиксированных значениях весов производится простой расчет значения аппроксимирующей функции при заданном входном векторе.

Возможности сети возрастают с увеличением числа слоёв и числа нейронов в них. Двух-трёх слоёв, как правило, достаточно для решения подавляющего большинства практических задач классификации, регрессии и прогнозирования. К сожалению, ни одна из теорем ничего не говорит о количестве слоёв нейронной сети (уровней вложенности суперпозиции) и о количестве нейронов, необходимых для аппроксимации произвольной функции. Поэтому в теории нейронных сетей существуют две актуальные проблемы, одной из которых является выбор оптимальной структуры нейронной сети, а другой - построение эффективного алгоритма обучения нейронной сети.

На сегодняшний день существует много разновидностей нейронных сетей, характерных для различных типов задач, которые можно классифицировать по следующим признакам:

- тип входной информации (аналоговые или двоичные данные);
- характер обучения (контролируемое, неконтролируемое и смешанное);
- характер настройки синапсов (фиксированные или динамические связи);
- метод обучения (обратное распространение, конкурентная настройка, использование правила Хебба, гибридные сети и т.д.);
- характер связей (прямое и рекуррентное распространение информации);
- архитектура (персептроны, самоорганизующиеся карты Кохонена, сети адаптивного резонанса, рециркуляционные, рекуррентные, встречного распространения, ИНС с обратными связями Хэмминга и Хопфилда, с двунаправленной ассоциативной памятью, с радиально-базисной функцией активации и т.п.).

Основные вопросы об архитектуре и проектировании нейронных сетей широко освещены в литературе [1,7-8]. Так же разнообразна литература по методам обучения сетей [7-9].

Возможности, которые предоставляют на сегодняшний день нейронные сети, привлекли к ним большое количество исследователей. Резонно ожидать быстрого роста понимания искусственных нейронных сетей, ведущего к более совершенным сетевым парадигмам и множеству прикладных возможностей. В океанографических исследованиях прогнозирование на основе нейронных сетей является относительно новым методом. Не смотря на это, сущест-

вует множество примеров его успешного использования в данной области [10,11]. Для задач прогнозирования береговых деформаций применение нейротехнологий в отечественной литературе не освещено, однако все чаще стало встречаться в зарубежных источниках. Kingston K.S., and Davidson M.A., применили нейронное моделирование для прогнозирования эволюции песчаных баров приливных берегов [12]. В 2000г. Kingston и др. сообщили об использовании нейронных сетей для моделирования изменений песчаных баров в районе Egmond and Zee (Нидерланды) под действием волн, подходящих по нормали к берегу [13]. Они пришли к выводу, что использование нейротехнологий является перспективным направлением и его возможности должны быть исследованы, так этот метод имеет много преимуществ, по сравнению с классическими методами регрессионного анализа. Leo Pape и др. [14,15] использовали отобранные в течение 3,5 лет данные по побережью Gold Coast (Австралия) для обучения рекуррентных сетей и сетей прямого распространения для прогноза эволюции баров на этом участке. При этом разница прогноза этих различных по архитектуре связей сетей оказалась незначительна. Shuguang Liu и Gangfeng (2003) в своей работе [16] на примере реки Хуанхе доказали, что многослойные нейронные сети прямого распространения, обученные методом обратного распространения, могут успешно использоваться для прогнозирования эволюции дельт. В 2005 были опубликованы результаты моделирования берегового склона под действием транспорта наносов на участках Балтийского моря с помощью нейронных сетей и дискретных моделей [17]. Изучение динамики пляжей, находящихся под защитой прибрежных выступов или искусственных сооружений в результате волнового воздействия проводилось испанскими учеными так же методами нейронного моделирования, при этом использовался многослойный персептрон и байесовский алгоритм регуляризации [18]. Кроме этого, экспериментально было проведено исследование, в котором сопоставлялись результаты работы десяти сетей различных архитектур с одним и двумя скрытыми слоями, обученными пятью различными алгоритмами [19]. Ученые из Бельгии J. Reyns, P. De Maeyer, and A. De Wulf, используя многослойный персептрон, оценили влияние интенсивности штормов и факторов антропогенного воздействия на морфодинамику четырех участков побережья Северного моря от порта Nieuwpoort до границы с Францией [20]. Они пришли к выводу, что сеть архитектуры многослойного персептрона достаточно точно прогнозирует изменения береговой линии под воздействием штормовой активности и должна быть исследована более полно.

Нейронные сети включены в перечень методов прибрежного мониторинга и прогнозирующих моделей эволюции побережий европейской программой исследовательского и технологического развития, при поддержке комиссии европейских сообществ [21].

Автором данной статьи были исследованы возможности нейронных сетей для прогнозирования штормового воздействия на относительно пологий песчаный береговой склон путем конструирования и апробации нейронных сетей. Задача, по терминологии И.О. Леонтьева [22], «профильная», то есть не учитывающая воздействие вдольберегового транспорта наносов. Для обучения сетей использованы данные энергии волнений с подходом волн по нормали к берегу. Для апробации модели проведены исследования воздействий штормов на трех участках Каламитского залива.

В данной модели волновое поле моделируется с точки зрения интенсивности волны, которая описывается с помощью параметрического подхода, при котором энергия волны рассчитывается на едином показателе высоты волны. В соответствии с этим, в качестве исходных данных взяты среднеквадратичная высота волн (м), средний период волны (с), продолжительность воздействия волнения в часах, медианный размер наносов (мм), а так же значения высот точек до уреза воды профиля до шторма и после в период штиля. Во всех случаях предполагается, что волны подходят по нормали к берегу. Изменения берегового профиля рассматриваются в пределах от +10 до -25м. от уреза воды и, соответственно, для каждой точки строится и обучается своя нейронная модель. Т.е, прогноз деформации поперечного профиля берегового склона есть результат работы 36 независимых сетей. В ходе решения данной задачи было опробовано несколько конфигураций с различным количеством элементов, числом итераций, значением нормы обучения и инерционного члена. В частности, тестировались сети однослойного и многослойного персептрона, радиально-базисная и обобщенно-регрессионная нейронные сети. В результате экспериментов и последующего сравнения регрессионных статистик полученных сетей и значений прогноза была выбрана сеть архитектуры многослойного персептрона, элементы которой организованы в послойную топологию с прямой передачей сигнала. Таковую сеть легко можно интерпретировать как модель вход-выход, в которой веса и пороговые значения являются свободными параметрами модели. Для понижения размерности входящих данных использовалась автоассоциативная сеть. Однако сравнение регрессионных статистик и значений прогнозируемой величины в результате экспериментов не подтверждает получение лучших результатов при использовании ней-

ронной сети с уменьшенным количеством входящих данных, поэтому количество элементов на входном слое осталось равным размерности входного вектора. Число скрытых слоев и нейронов на них определялось методом наращивания сети.

В результирующих моделях количество скрытых слоев варьируется от одного до двух, а количество элементов на них – от 4 до 19. Так, сеть минимальной размерности имеет один скрытый слой и 4 элемента на нем, а сеть максимальной размерности – два скрытых слоя, 10 элементов на первом слое и 9 на втором скрытом слое.

Каждый элемент сети строит взвешенную сумму своих входов с поправкой в виде слагаемого и затем пропускает эту величину активации через сигмоидальную функцию активации, и таким образом, получается выходное значение этого элемента. Логистическая функция активации в выходном слое была заменена на линейную. Методом обучения выступает метод обратного распространения ошибки с пошаговым обновлением набора весовых значений, что означает изменение весовых коэффициентов после рассмотрения каждого образца. Оптимальная длина случайного вектора весов нейронов скрытых слоев определена согласно Видроу и Нгуена. Начальные значения весов для выходящего слоя находятся в диапазоне  $[-0,5, 0,5]$ . Для устранения попаданий в локальные минимумы при решении данной задачи использовался метод небольших случайных изменений всех весовых значений сети. Для подбора коэффициента обучения использовался метод, основанный на адаптивном подборе с учетом фактической величины целевой функции в результате обучения.

Учебные данные подбирались так, чтобы сеть обладала хорошими свойствами обобщения на данных, которые не предлагались ей в ходе обучения. Все данные, отобранные для решения данной задачи, относятся к пляжам, сложенным мелким или средним песком и охватывают довольно широкий диапазон волновой активности. Они проверены на согласованность и лишены посторонних значений. К входящим данным применена минимаксная масштабировующая функция, выполняющая линейное преобразование так, чтобы значения лежали в диапазоне  $[0,1-0,9]$ .

Для данной задачи определенную сложность представляло обеспечение достаточного количества обучающих данных. Поэтому число обучающих данных лишь немногим более чем в два раза, превышало максимальное значение меры Вапника-Червоненкиса для минимальной структуры, было достаточно для нижней границы наибольшей структуры, но желательно увеличение числа наблюдений, исходя из значения верхней границы этой меры для архитектуры большой раз-



мерности. То же можно сказать и о нормах необходимых данных по Бауму и Хасселру. Обучающих данных достаточно для сети минимального размера, но желательно увеличение их числа для максимальной структуры.

Исследования воздействий штормов на трех участках Каламитского залива показали, что нейросетевой прогноз вполне адекватно отражает поведение берегового склона при штормовых деформациях на всех выбранных участках. Однако, при сравнении с наблюдаемыми данными заметны некоторые различия. Полностью отнести их к недостаткам данного метода нельзя, потому что при сопоставлении результатов моделирования с данными полевых исследований следует учитывать возможность заметных отклонений, обусловленных непостоянством волновых параметров в период наблюдений, а также неоднородностью рельефа и прибрежных течений в природных условиях. Достаточно заметное влияние на процесс деформации могут оказывать изменения гранулометрического состава наносов по профилю берегового склона, а также динамические факторы не волнового происхождения.

Согласно полученным регрессионным статистикам, можно сказать, что созданные сети хорошо аппроксимируют фактические данные и имеют статистические характеристики, характеризующие достаточно высокую степень прогностических возможностей. Так, доля объясненной дисперсии моделей составляет величину от 0,91 до 0,72. Это позволяет сделать вывод, что сети будут чувствительны к вариации входных параметров.

### **Вывод**

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что созданные сети хорошо аппроксимируют фактические данные и могут быть использованы для прогнозирования штормовых деформаций относительно пологого берегового склона, сложенного мелким или средним песком. Для более детального изучения возможностей построенных моделей требуется больше материала, большее количество экспериментальных данных. Возможности дообучения сетей, совершенствование техники сбора и обработки данных создают хорошие предпосылки для изучения и использования техники нейроанализа, являющегося перспективным направлением, возможности которого должны быть исследованы. По мере увеличения числа более точных данных можно ожидать и улучшение качества прогноза.

### Литература:

1. Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. Нейроинформатика. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. – 296 с.
2. С.А. Субботин. Сравнительный анализ нейросетевых патентов СНГ и зарубежных стран.//Нейроинформатика, 2002
3. Cybenko G. Approximation by superposition of a sigmoidal function. Mathematics of Control, Signals, and Systems, 1989. Vol. 2. PP. 303 - 314.
4. Hornik K., Stinchcombe M., White H. Multilayer feedforward networks are universal approximators. Neural Networks. 1989. Vol. 2. PP. 359 - 366.
5. Kochenov D.A., Rossiev D.A. Approximations of functions of  $C[A,B]$  class by neuralnet predictors (architectures and results). AMSE Transaction, Scientific Siberian, A. 1993, Vol. 6. Neurocomputing. PP. 189-203. Tassin, France.
6. Gilev S.E., Gorban A.N. On completeness of the class of functions computable by neural networks. Proc. of the World Congress on Neural Networks (WCNN'96). Sept. 15-18 1996, San Diego, CA, Lawrence Erlbaum Associates, 1996. PP. 984-991.
7. Нильсен Н. Д. Искусственный интеллект. Методы поиска решений.- М.: Мир, 1973. – 298 с.
8. Лысенко Ю.Г., Иванов Н.Н., Минц А.Ю. Нейронные сети и генетические алгоритмы: Учебное пособие – Донецк: ООО “Юго-Восток, ЛТД”, 2003 – 265 с.
9. Rumelhart et al., 1986 Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., and Williams, R. J. (1986) Learning internal representations by error propagation. In Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., and the PDP Research Group, editors, Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations, pages 318-362. The MIT Press, Cambridge, MA
10. Wenrui Huang, Catherine Murray, Nicholas Kraus, Julie Rosati. Development of a regional neural network for coastal water level predictions. Ocean Engineering 30 , 2003.
11. Hamid Bazargan. Neural network based simulation of sea-state sequences. School of Engineering & Design Brunel University, July 2006.
12. Kingston, K.S., and Davidson, M.A., 1999, Artificial Neural Network Model of Sand Bar Location for a Macro-Tidal Beach, Perranporth, UK, IAHR Symposium on River Coastal and Estuarine Modeling, Genoa, Italy, 227-236.

13. Kingston K.S.; Ruessink B.G.; Van Enckevort I.M.J.; Davidson M.A. Artificial neural network correction of remotely sensed sandbar location/ *Marine Geology*, Volume 169, Number 1, 15 September 2000, pp. 137-160(24)
14. Leo Pape, B. Gerben Ruessink, Marco A. Wiering, Ian L. Turner: Recurrent neural network modeling of nearshore sandbar behavior. *Neural Networks* 20 (4): 509-518 (2007)
15. Neural network modeling of nearshore sandbar behavior. Pape, L.; Ruessink, B.G.; Wiering, M.A.; Turner, I.L., *International Joint Conference on Neural Networks*, Vancouver, Canada, (2006)
16. Gangfeng MA & Shuguang Liu. A forecasting model of delta evolution using artificial neural networks/ *International Conference on Estuaries and Coasts* November 9-11, 2003, Hangzhou, China
17. U. Bethers, K.-P. Holz Beach profile simulation under sediment transport at the shore-lines of Baltic Sea by neural networks and discrete models, *Lehrstuhl für Bauinformatik BTU Cottbus*, 2005
18. G. Iglesias, I. López, R. Carballo, A. Castro. Headland-bay beach planform and tidal range: A neural network model. *Geomorphology*, Volume 112, Issues 1-2, 1 November 2009, Pages 135-143
19. G. Iglesias, I. López, A. Castro, R. Carballo. Neural network modelling of planform geometry of headland-bay beaches. *Geomorphology*, Volume 103, Issue 4, 15 February 2009, Pages 577-587
20. Neural network hindcasting of hydrodynamic boundary conditions for the analysis of medium-term morphodynamics of barred beaches. J. Reyns, P. De Maeyer, and A. De Wulf. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-13755, 2009.
21. Inventory of coastal monitoring methods and overview of predictive models for coastal evolution. *Concepts and Science for Coastal Erosion Management* EC Contract: 044122, may 2007. [www.conscience-eu.net](http://www.conscience-eu.net)
22. Динамические процессы береговой зоны моря. (Под ред. Р.Д. Косьяна, И.С. Подымова, Н.В. Пыхова). – М.: Научный мир, 2003. – 320 с.

**УДК:550.4:631.41**

**Чабан В.В., аспирант**  
*ДП «Сакская ГПРЭС»*

## **Изменение уровня техногенного загрязнения почв во времени в районе Сакского соленого озера**

*Приведены результаты оценки уровня техногенного загрязнения почв в районе Сакского соленого озера в 80-е годы прошлого столетия и в настоящее время.*

**Техногенное загрязнение почв, тяжелые металлы, коэффициент концентрации.**

**Введение.** Особенности природных условий района способствуют расположению на прилегающей к озеру территории сельскохозяйственных угодий, объектов химической промышленности и жилых кварталов г. Саки с сопутствующей инфраструктурой. Что приводит к сосредоточению вокруг водоема большого количества потенциальных источников техногенного загрязнения. Сакский химический завод являлся основным источником техногенного загрязнения акватории Сакского соленого озера и прилегающей к нему территории химическими загрязнителями из группы тяжелых металлов [1]. В 90-х годах прошлого столетия завод был закрыт. Высокий уровень загрязнения по результатам исследований того времени, указывают на необходимость повторного проведения исследования, направленного на установление возможных остаточных концентраций тяжелых металлов в почвах.

Это и обусловило проведение анализа изменения техногенного загрязнения почв во времени в пределах района Сакского соленого озера за период с 1982 г. (период интенсивного поступления химических загрязнителей в объекты окружающей среды с выбросами Сакского химического завода) по настоящее время.

**Состояние изученности.** Оценка техногенного загрязнения почв района в 80-х годах прошлого столетия была дана в работе Московской опытно-методической экспедиции Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, проводившей в 1981

– 1982 г.г. комплексные геохимические исследований по оценке влияния Сакского химического завода на окружающую среду.

Степень техногенного загрязнения оценивалась методом сравнении полученных результатов с фоновыми концентрациями (анализы фоновых почв были отобраны на участке целинной степи в центральной части Крымского полуострова, на северо-западе в сел. Раздольное и в г.Евпатория). Все значения взятые за фоновые в 1982 г. (кроме марганца) в несколько раз превышали ПДК.

Для выполнения поставленных задач данной работы, было проведено сравнение результатов анализов с ПДК определяемых элементов, что позволило сравнить результаты исследований 1982 г. с результатами 2009 г., а также дать более объективную оценку уровню техногенного загрязнения района.

**Методика исследований.** Для определения техногенного загрязнения почв в 80-е годы прошлого столетия использовались данные Московской опытно-методической экспедиции Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов.

Определение концентраций элементов проводилось атомно-абсорбционным методом.

Уровень техногенного загрязнения почв района определялся по формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1) \quad (1) [2]$$

где:

$Z_c$  – суммарный показатель загрязнения;

$n$  – число определяемых суммарных веществ;

$K_c$  – коэффициент концентрации  $i$ -го компонента загрязнения.

$$K_c = \frac{C_i}{C_{ПДК}} \quad (2) [2]$$

где:

$C_i$  – фактическое содержание определяемого элемента в почвах (мг/кг);

$C_{ПДК}$  – ПДК определяемого элемента в почвах (мг/кг).

Для определения современного содержания загрязнителей (тяжелых металлов) в почвах района исследований, в период с де-

кабря 2008 г. по январь 2009 г., был проведен контрольный отбор проб почвы.

Отбор проб проводился на семи участках, расположенных в разных частях района исследований, что позволило сравнить современный уровень загрязнения почв с данными 1982 г. Для контрольного отбора проб были выбраны следующие участки: участок № 1 - на территории морской пересыпи; участок № 2 - между химзаводом и бас. Накопителем; участок № 3 - на берегу оз. Ковш, со стороны стадиона «Авангард»; участок № 4 - северный берег Восточного бассейна (со стороны г.Саки); участок № 5 - между дачными кооперативами и химическим заводом; участок № 6 - центр г. Саки; участок № 7 - участок Михайловского шоссе возле Буферного бассейна.

Определение концентраций элементов проводилось атомно-абсорбционным методом.

**Техногенное загрязнение почв в 80-е годы прошлого столетия.** В 1982 году техногенные загрязнители из группы тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr) были найдены практически во всех исследуемых почвах в концентрациях превышающих ПДК. Наибольшие концентрации тяжелых металлов были выявлены в пределах 3-х километровой зоны в районе химического завода (превышающие ПДК в 68 раз по цинку, в 416 раз по меди, в 28 раз по свинцу, в 124 раза по никелю, в 128 раза по хрому, в 5 и 10 раз по марганцу).

Значительно ниже концентрации были установлены в устьевых частях балок и в границах города Саки (превышающие ПДК в 16 раз по цинку, в 104 раз по меди, в 14 раз по свинцу, в 62 раза по никелю, в 64 раза по хрому, в 2,5 раза по марганцу).

Наименьшие концентрации и концентрации не превышающие ПДК, были установлены на участке морской пересыпи.

Суммарный показатель загрязнения почв ( $Z_c$ ) в районе химического завода равен 774, в границах города и устьевых частях балок суммарный показатель загрязнения равен 232,5. Во всех случаях уровень загрязнения оценивается как чрезвычайно опасный [2].

Неравномерное распределение загрязнителей в исследуемых почвах обуславливается их геохимическими особенностями. Практически на всей территории распространены: лугово-черноземные среднесуглинистые почвы и их остаточные слабосолонцеватые разновидности; черноземы луговые не солонцеватые и слабосолонцеватые.

тые легкоглинистые засоленные почвы. Данные почвы содержат большое количество гуминовых кислот и фульвокислот, которые способствуют накоплению тяжелых металлов в почвах [3, 4].

В распределение загрязнителей имеют значение особенности рельефа (большие концентрации определяемых элементов были установлены в устьевых частях балок) и расположение мощного источника техногенного загрязнений (которым являлся Сакский химический завод), вокруг которого была образованна техногенная аномалия [5, 6].

**Результаты контрольных анализов проб почв.** Результаты контрольных анализов проб почвы приведены в таблице 1.1.

Как видно из таблицы 1, концентрации свинца, цинка, меди и никеля, превышающие ПДК, установлены на всех участках. Наибольшие концентрации указанных элементов установлены в районе химического завода ( $Pb = 74,33$  мг/кг,  $Zn = 279,19$  мг/кг,  $Cu = 77,74$  мг/кг,  $Ni = 28,25$  мг/кг) и в центре города ( $Pb = 52,20$  мг/кг,  $Zn = 200,86$  мг/кг,  $Cu = 50,58$  мг/кг,  $Ni = 27,17$  мг/кг), а наименьшие значения - на территории морской пересыпи ( $Pb = 12,75$  мг/кг,  $Zn = 30,95$  мг/кг,  $Cu = 9,84$  мг/кг,  $Ni = 10,52$  мг/кг).

Концентрации хрома превышающие ПДК обнаружены в районе химического завода, на берегу оз. Ковш и Восточного бассейна ( $148,71$  мг/кг,  $15,51$  мг/кг,  $16,92$  мг/кг соответственно).

Содержание марганца ни на одном участке не превысило ПДК.

Суммарный показатель загрязнения почв в районе химического завода равен 55,5 что оценивается как опасный уровень загрязнения. В границах города суммарный показатель загрязнения равен 22 – умеренно опасный уровень загрязнения. В устьевых частях балок суммарный показатель равен 1,5 – допустимый уровень загрязнения [2].

**Определение степени изменения техногенного загрязнения почв во времени**

Анализ полученных в 2009 г. результатов показал те же закономерности в распространении элементов в почвах района исследований, что были выявлены по данным 1982 г.

После закрытия Сакского химического завода, интенсивность поступления и накопления загрязнителей в почвах сильно уменьшилась, что подтверждают данные таблицы 2.

*Таблица 1*  
**Содержание тяжелых металлов в почве района исследований (результаты анализа 2009 г.)**

| № участка | Pb             |                |             | Zn             |                |             | Cu             |                |             | Mn             |                |             | Ni             |                |             | Cr             |                |             |
|-----------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|
|           | Ср*<br>(мг/кг) | ПДК<br>(мг/кг) | Кс<br>(раз) | Ср*<br>(мг/кг) | ПДК<br>(мг/кг) | Кс<br>(раз) | Ср*<br>(мг/кг) | ПДК<br>(мг/кг) | Кс<br>(раз) | Ср*<br>(мг/кг) | ПДК<br>(мг/кг) | Кс<br>(раз) | Ср*<br>(мг/кг) | ПДК<br>(мг/кг) | Кс<br>(раз) | Ср*<br>(мг/кг) | ПДК<br>(мг/кг) | Кс<br>(раз) |
| 1         | 2              | 3              | 4           | 5              | 6              | 7           | 8              | 9              | 10          | 11             | 12             | 13          | 14             | 15             | 16          | 17             | 18             | 19          |
| 1         | 12,75          |                | 0,43        | 30,95          |                | 1,35        | 9,84           |                | 3,28        | 284,99         |                | -           | 10,52          |                | 2,63        | 2,00           |                | -           |
| 2         | 30,28          |                | 1,01        | 153,08         |                | 6,66        | 88,33          |                | 29,44       | 742,25         |                | -           | 24,35          |                | 6,09        | 21,53          |                | 3,59        |
| 3         | 25,54          |                | 0,85        | 65,45          |                | 2,85        | 17,34          |                | 5,78        | 688,79         |                | -           | 25,14          |                | 6,29        | 15,51          |                | 2,59        |
| 4         | 13,99          | 30             | 0,47        | 31,13          | 23             | 1,35        | 13,59          | 3              | 4,53        | 691,13         | 1500           | -           | 27,39          | 4              | 6,85        | 16,92          | 6              | 2,82        |
| 5         | 74,33          |                | 2,48        | 279,2          |                | 12,14       | 77,74          |                | 25,91       | 1339,7         |                | -           | 28,25          |                | 7,06        | 148,71         |                | 24,79       |
| 6         | 52,20          |                | 1,74        | 200,9          |                | 8,73        | 50,58          |                | 16,86       | 713,78         |                | -           | 27,17          |                | 6,79        | 2,00           |                | -           |
| 7         | 34,73          |                | 1,16        | 47,3           |                | 2,06        | 21,74          |                | 7,25        | 770,22         |                | -           | 26,14          |                | 6,54        | 2,00           |                | -           |

\* - среднее значение по участку

*Таблица 2*  
**Изменение содержания тяжелых металлов в почвах района исследований в период с 1982 г. по 2009 г.**

| №<br>участка | Pb    |         |          | Zn    |      |       | Cu  |       |       | Mn  |    |     | Ni  |      |       | Cr     |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|-------|---------|----------|-------|------|-------|-----|-------|-------|-----|----|-----|-----|------|-------|--------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | 2     | Kc, раз | Ky*, раз | 5     | 6    | 7     | 8   | 9     | 10    | 11  | 12 | 13  | 14  | 15   | 16    | 17     | 18   | 19    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|              |       | 1982    | 2009     |       |      |       |     |       |       |     |    |     |     |      |       |        |      |       | 1982 | 2009 | 1982 | 2009 | 1982 | 2009 | 1982 | 2009 | 1982 | 2009 |
|              |       |         |          |       |      |       |     |       |       |     |    |     |     |      |       |        |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1            | 1,50  | 0,43    | 3,5      | 2     | 1,35 | 1,50  | 13  | 3,28  | 4,00  | 2,5 | -  | 2,5 | 8   | 2,63 | 3,00  | 8,00   | -    | 8,00  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1            | 28,00 | 1,01    | 27,50    | 68,00 | 6,66 | 10,00 | 416 | 29,44 | 14,00 | 10  | -  | 10  | 124 | 6,09 | 20,50 | 128,00 | 3,59 | 35,50 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2            | 1,50  | 0,85    | 1,50     | 16    | 2,85 | 5,5   | 13  | 5,78  | 2,00  | 5   | -  | 5   | 8   | 6,29 | 1,50  | 32,00  | 2,59 | 12,50 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3            | 1,50  | 0,47    | 3,50     | 16    | 1,35 | 11,50 | 52  | 4,53  | 11,50 | 5   | -  | 5   | 8   | 6,85 | 1,00  | 8,00   | 2,82 | 3,00  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4            | 1,50  | 0,47    | 3,50     | 16    | 1,35 | 11,50 | 52  | 4,53  | 11,50 | 5   | -  | 5   | 8   | 6,85 | 1,00  | 8,00   | 2,82 | 3,00  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5            | 14,00 | 2,48    | 5,50     | 34,00 | 12,1 | 2,50  | 208 | 25,91 | 8,00  | 10  | -  | 10  | 62  | 7,06 | 8,50  | 64,00  | 24,8 | 2,50  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6            | 14,00 | 1,47    | 9,50     | 16    | 8,73 | 1,50  | 208 | 16,86 | 2,50  | 5   | -  | 5   | 31  | 6,79 | 4,50  | 32,00  | -    | 32,00 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7            | 7,00  | 1,16    | 6,00     | 8     | 2,06 | 4,00  | 52  | 7,25  | 7,00  | 5   | -  | 5   | 31  | 6,54 | 4,50  | 32,00  | -    | 32,00 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |



Об изменении уровня техногенной нагрузки в исследуемом районе свидетельствует и суммарный показатель загрязнения почв. Так в районе химического завода суммарный показатель загрязнения уменьшился в 13,5 раз, в границах города - 14,5 раз, в устьевых частях балок в – 215 раз.

### **Выводы**

1. Полученные результаты анализа техногенного загрязнения почв района исследований, по данным 1982 г., показали зависимость распространения и накопления тяжелых металлов от расположения источников загрязнения, особенностей рельефа и геохимических свойств почв.

2. Контрольные анализы проведенные в 2009 г. подтвердили выявленные закономерности распространения техногенных загрязнителей в почвах района исследований.

3. За четверть века произошло значительное снижение содержания концентраций тяжелых металлов в почвах, что связано с прекращением функционирования мощного источника техногенного загрязнения, которым являлся Сакский химический завод. Но обнаруженные в 2009 г. концентрации практически во всех пробах превышают ПДК.

4. Подтверждение наличия загрязнений говорит о сохранившейся угрозе миграции тяжелых металлов в лечебные водоемы.

### **Литература**

1. Васенко В.И., Чабан В.В. Особенности экологического мониторинга окружающей среды в округе санитарной охраны города-курорта Саки. // Материалы Всеукраинской научной конференции «Мониторинг природных и техногенных сред». – Симферополь: ДИАЙПИ, 2008 – С33 – 35.

2. Озерский А.Ю. Основы геохимии окружающей среды. – Красноярск: ИПКСФУ, 2008 – 316 с.

3. Перельман А.И. Изучая геохимию... О методологии науки. М.: Наука, 1987 – 152 с.

4. Сайт - Долина джерел. Ссылка на ресурс - <http://dolyna.kiev.ua/node/>

5. Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Е.П., Сорокина Е.В. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982 – 112 с.

6. Соботович Э.В., Ольштынський С.П. Геохимия техногенеза. Киев: Наукова думка, 191 – 228 с.

**Раздел 7.**  
**Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация,  
теплоснабжение и энергетика**

**УДК 626.8**

**Бесфамильная Т. О., Обручева Л.В., инженер**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**О защите трубопроводов оросительных систем от гидравлических ударов**

*Приведены основные причины возникновения и развития гидравлических ударов в закрытых оросительных системах. Рассмотрены особенности распространения ударных волн в разветвленных последовательно соединенных распределительных трубопроводах, возникновения гидравлических ударов при открытии гидрозадвижки, расчета гидравлических ударов, сопровождающихся нарушением сплошности потока.*

**Оросительная система, гидравлический удар, ударная волна, повышение давления, гидросистема, напорный трубопровод, дождевальная машина, насосная станция, запорная арматура, гидрозадвижка, сопряжение трубопроводов, разрушение трубопровода.**

Высокая эффективность орошаемого земледелия может быть достигнута только при условии надежности работы оросительной техники, гарантирующий полив сельскохозяйственных культур в планируемом объеме и в установленные сроки. Основная причина простоя действующих оросительных систем – порывы трубопроводов вследствие гидравлических ударов, возникающих при включении и отключении дождевальных машин и насосных агрегатов. Целенаправленное управление переходными процессами, возникающими в трубопроводах оросительных систем от гидравлических ударов, а также защита трубопроводов оросительных систем от гидравлических ударов при неуправляемых переходных процессах

позволяет значительно повысить надежность работы оросительных систем. В тоже время основной задачей водохозяйственного строительства является снижение удельных капитальных вложений в строительство оросительных систем при сохранении высокого уровня их надежности и эксплуатационных качеств.

Прочностные показатели труб для прокладки напорных водоводов назначают по расчетному давлению, принимаемому равным либо максимальному рабочему давлению, либо давлению при гидравлическом ударе, умноженному на коэффициент 0,85 для стальных труб и на коэффициент 1 для труб из других материалов. Повышение давления при гидравлическом ударе может быть определяющим при выборе прочностных показателей труб. Поэтому должны быть использованы средства защиты от гидравлического удара, чтобы не увеличивать прочностные показатели труб по сравнению с теми, которые могут быть приняты по максимальному рабочему.

Основная причина, вызывающая гидравлические удары в напорных трубопроводах - аварийное отключение электропитания двигателей насосов. Гидравлических ударов, возникающих в результате изменения степени открытия запорной арматуры, практически можно избежать, изменяя режим закрытия и открытия. Некоторыми особенностями в этом отношении отличаются закрытые оросительные системы. Кроме аварийных и плановых отключений насосных агрегатов причиной гидравлических ударов в закрытых оросительных системах может быть включение и отключение дождевальных машин (например дождевальных машин типа «Фрегат», для которых при аварийных ситуациях время отключения ограничено 40 - 45 с).

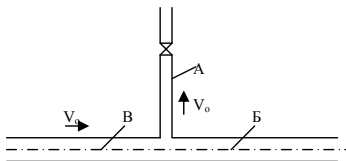
При этом закрытые оросительные системы представляют собой комплекс последовательных соединений и разветвлений распределительных и поливных трубопроводов, имеющих различные диаметры и толщины стенок. Причем задвижка, закрытие которой обуславливает возникновение гидравлического удара, в зависимости от того, какая дождевальная машина отключается, может быть расположена в самых различных точках системы. Все эти обстоятельства в значительной степени изменяют характер возникновения и развития гидравлических ударов в трубопроводах закрытых оросительных систем.

Рассмотрим отдельно особенности распространения ударных волн в разветвленных и последовательно соединенных трубопроводах. Предположим, что в конце трубопровода А (рис.1) была подключена дождевальная машина «Фрегат». В результате возникшей на машине аварии появилась необходимость ее отключения. Предположим далее, что закрытие задвижки производится за время, меньшее, чем фаза удара. Следовательно, в ответвлении возникает прямой гидравлический удар, обусловивший давление в этой точке трубы на величину:

$$\Delta P_{y\partial} = V_o \rho \cdot C. \quad (1)$$

где  $V_o$  – начальная скорость движения воды в трубопроводе;  
 $C$  – скорость распространения ударной волны в трубопроводе;

$\rho$  – плотность воды.



**Рис.1** Схема сложного трубопровода

Волна повышения давления, распространяясь по трубопроводу против направления первоначального течения воды, достигнет точки сопряжения трубопроводов. В этом месте во входной части трубопровода  $OA$  давление составляет величину  $P_o + \Delta P_{y\partial}$ , а в прилегающих к узлу трубах  $OB$  и  $OV$  еще сохраняется давление  $P_o$ . Под действием разности давления, равной  $\Delta P_{y\partial}$  начнется истечение воды из трубы  $OA$  в трубы  $OB$  и  $OV$ . Вследствие этого в сечениях труб  $OB$  и  $OV$ , прилегающих к точке  $O$ , возникнут волны повышения давления. Величина этих вторичных волн  $\Delta P_{2y\partial}$  будет такой, что сумма энергий этих двух волн будет равна величине снижения энергии волны подошедшей из трубы  $OA$ . Ее можно определить по формуле[ 2 ]:

$$\Delta P_{2y\partial} = S_{OA} \Delta P_{y\partial}, \quad (2)$$

где  $S_{OA}$  – коэффициент прохождения ударной волны из трубы  $OA$  через узел сопряжения труб. Для рассматриваемого случая получим:

$$S_{OA} = \frac{2 \frac{\omega_{OA}}{C_{OA}}}{\frac{\omega_{OA}}{C_{OA}} + \frac{\omega_{OB}}{C_{OB}} + \frac{\omega_{OB}}{C_{OB}}}, \quad (3)$$

где  $\omega$  и  $C$  – площадь сечения и скорость распространения ударной волны для каждого из трубопроводов.

Вследствие перехода ударной волны из трубы  $OA$  в трубы  $OB$  и  $OB$  давление в трубе  $OA$  снизится на некоторую величину  $\Delta P_{3y\partial}$ , которая может быть определена по формуле:

$$\Delta P_{3y\partial} = r_{OA} \Delta P_{y\partial}, \quad (4)$$

где  $r_{OA} = S_{OA} - 1$  – коэффициент отражения ударной волны.

Таким образом, от узла сопряжения труб во все стороны побегут ударные волны: по трубам  $OB$  и  $OB$  положительные, а по трубе  $OA$  – волна снижения давления на величину  $\Delta P_{3y\partial}$ . Там, где эти волны пройдут, остается одинаковой давление  $P_o + \Delta P_{2y\partial}$ . Причем в момент отражения первичной волны  $\Delta P_{y\partial}$ , от точки сопряжения труб начнется истечение воды из трубы  $OA$  в трубы  $OB$  и  $OB$ . Волна скорости этого истечения вместе с волной снижения давления  $\Delta P_{3y\partial}$ , придя к закрытой задвижке, создают дополнительную волну снижения давления, равную удвоенной волне  $\Delta P_{3y\partial}$ . Эта волна вновь начнет перемещаться к сопряжению, где процесс повторится, но величины волн будут меньше за счет потерь энергии на трение в трубопроводах. Волны повышения давления, ушедшие по трубам  $OB$  и  $OB$ , могут встретить на своем пути ответвления других распределительных трубопроводов. В этом случае, при их прохождении через узлы разветвления на входах в ответвления также возникнут волны повышения давления. Их величины могут быть определены по формулам приведенным выше. Однако можно сказать, что волна повышения давления в ответвляющемся распределительном трубопроводе может достигать величины, близкой к величине

первоначальной волны, возникшей в трубопроводе *ОА*. Но если окажется, что новый распределительный трубопровод был тупиковым (с закрытой задвижкой в конце), то у задвижки, вследствие гашения скорости потока пришедшей туда ударной волны, волна повышения давления удвоится. В результате давление в этом распределительном трубопроводе может превысить величину ударного давления в трубопроводе *ОА* или сравняться с ним.

Анализируя процесс распространения ударных волн в сложных трубопроводах, можно отметить, что во всех узлах, где есть изменения диаметров труб или ответвления, происходит отражение волн. Если при этом окажется, что распределительный трубопровод был закрыт на противоположном конце, то в тупике произойдет удвоение вошедшей в него волны. В результате давление в трубопроводе может в несколько раз превысить величину ударной волны, подошедшей к нему по магистральному трубопроводу, что вызовет его разрушение.

На оросительных системах, оборудованных автоматизированными дождевальными машинами «Фрегат», применяются гидрозадвижки для автоматического включения и отключения дождевальных машин. Рассмотрим возникновение гидравлических ударов при открытии гидрозадвижки. Дождевальные машины «Фрегат» имеют устройства для слива воды из труб после их отключения, поэтому перед включением машины в работу трубы оказываются заполненными воздухом. В момент открытия гидрозадвижки вода из напорного трубопровода устремляется в трубу «Фрегата» и вытесняет через форсунки находящийся в ней воздух. Так как вязкость воздуха мала, то скорость его истечения через форсунки оказывается очень высокой, как и скорость движения следующего за воздухом потока воды. В последующем в момент окончания истечения воздуха и начала истечения воды, вследствие того что вязкость воды значительно (примерно в 10 раз) больше вязкости воздуха, скорость истечения воды резко снижается, что и обуславливает резкое торможение потока и возникновение гидравлического удара. Измерения показывают, что величина повышения давления при включении поливной машины «Фрегат» может превосходить величину повышения давления при его отключении. Величина превышения давления в этом случае достигает величины, равной двум рабочим давлениям ( $2P_{раб}$ ). При этом отмечаются автоколебательные процессы и непрерывное общее повышение давления в трубопроводе.

В гидромелиоративных системах гидравлические удары, начинающиеся с волны понижения давления, обычно возникают при отключениях насосных агрегатов. Особенностью таких гидравлических ударов является то, что они часто сопровождаются разрывами сплошности потока в трубе. Когда столб воды в трубе, перемещаясь по инерции, отрывается от основной массы и продвигается вперед, образуя на участке за собой вакуумную зону. В последующем оторвавшаяся масса воды может начать движение в обратном направлении и столкнуться с массой, перемещавшейся за ней, или удариться о закрытую задвижку или обратный клапан. Причем если трубопровод имеет перегибы в вертикальной плоскости, то точки перегиба являются наиболее вероятными местами разрывов. При гидравлических ударах с разрывами сплошности потока нарушаются многие основные закономерности неустановившегося движения воды в трубах. Так продолжительность времени между началом понижения и началом повышения давления будет более фазы удара. Это можно объяснить так. Промежутки времени между изменениями скорости потока и давления зависят от того, как далеко уходит по трубопроводу оторвавшаяся масса воды, как долго она будет возвращаться и с какой скоростью. При этом величина повышения давления будет больше, чем определяемая по формуле профессора Н.Е. Жуковского:

$$\Delta H_{уд} = \frac{CV_o}{g}, \dots\dots\dots (5)$$

где  $C$  – скорость распространения ударной волны в трубопроводе;

$V_o$  – начальная скорость движения воды в трубопроводе;

$g$  – ускорение свободного падения.

По данным исследований [ 3 ] напор в трубопроводе при соударении масс может достигать величины:

$$\Delta H_{max} = \frac{CV_o}{g} + (1,8\dots\dots 2)H_z, \dots\dots\dots (6)$$

где  $H_z$  - геодезическая высота подъема воды (разность геодезических отметок открытого конца трубы и насоса).

В общем случае неустановившееся движение жидкости в трубах описывается дифференциальными уравнениями в частных про-

изводных гиперболического типа, которые при учете начальных и краевых условий позволяют рассчитать параметры процесса. При определении повышения давления при гидравлических ударах на закрытых оросительных системах и назначении соответствующих мер защиты требуются расчеты, учитывающие основные факторы, существенно влияющие на процесс гидравлического удара и позволяющие получать результаты с необходимой степенью точности.

При проектировании гидросистем должны предусматриваться как мероприятия по недопущению опасных повышений и понижений давления в трубопроводе оросительных систем, так и меры по защите от гидроудара, если опасные колебания давления возникают.

### **Выводы**

1. Защита трубопроводов от гидравлических ударов снижает удельные капитальные вложения в строительство оросительных систем.

2. Применение средств защиты трубопроводов от гидравлических ударов обеспечивает повышение надежности оросительных систем при эксплуатации.

3. При рассмотрении способов и средств защиты трубопроводов закрытых оросительных систем от гидравлического удара необходимо учитывать особенности распространения ударных волн в разветвлённых трубчатых сетях переменного диаметра.

### **Литература**

1. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 640с, ил.

2. Мошнин Л.Ф., Тимофеева Е.Г. Указания по защите водоводов от гидравлического удара. – М.: Госстройиздат, 1961, - 139 с.

3. Смирнов Д.Н., Зубов Л.Б. Гидравлический удар в напорных водоводах. – М.: Строймздат, 1975, - 126 с.

4. В.Д.Килимник, А.Е.Костомаров, Н.А.Палишкин. Защита трубопроводов оросительных систем от гидравлических ударов. Обзорная информация №14. М., 1983. Москва 1983.



**Дихтярь, инженер Т.В.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Энергосберегающие технологии в системах очистки стоков промышленных предприятий**

*Проведено энергетическое сравнение пневматической и пневмомеханической аэраций. Определены области рационального использования пневматической и пневмомеханической аэраций. Показано, что при диаметрах пузырьков воздуха  $d > 6-8$  мкм, целесообразно использовать пневмомеханическую аэрацию, а при меньших диаметрах пузырьков воздуха - пневматическую аэрацию.*

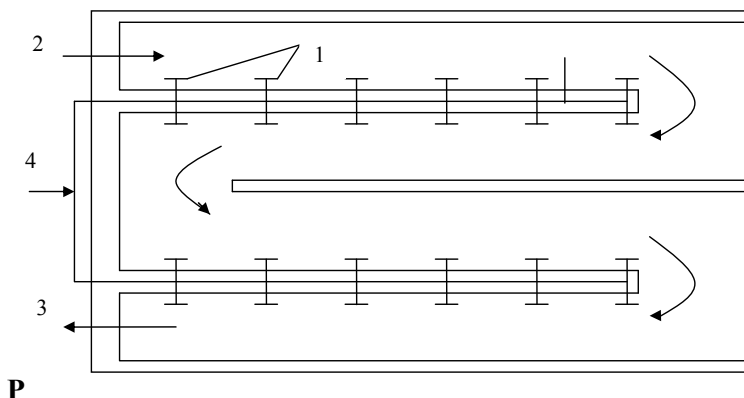
**Вода, очистка, аэротенк, пневматическая аэрация, пневмомеханическая аэрация, сточные воды, пузырек воздуха, энергетическая эффективность.**

**Введение.** Энергетические потребности водоотводящих комплексов превышают десятки *MВт*, что сопоставимо с выработкой электроэнергии ТЭЦ. При этом нарушение процессов очистки в водоотводящих системах приводит к многократному увеличению энергетических затрат.

Для того чтобы процесс очистки воды протекал нормально, необходимо обеспечить определенные условия, основным из которых является наличие в водоеме после впуска в него сточных вод запаса растворенного кислорода, оптимизация процесса насыщения которого окончательно не решена. Поэтому определение энергопотребления оборудования для обеспечения необходимого расхода подаваемого воздуха по концентрации растворенного кислорода в иловой смеси и создание методики выбора энергетически эффективного вида аэрации для конкретного промышленного объекта позволит интенсифицировать процесс биологической очистки воды, снизить энергетические затраты во время эксплуатации сооружения и воздействие на окружающую среду.

**Анализ публикаций.** Сбросные воды промышленных объектов содержат большое число органических загрязнений. Некоторая их часть удаляется при механической и физико-химической обработке, однако полное их удаление достигается практически только путем биологической очистки на искусственных окислителях, обеспечивающих высокую интенсивность процесса окисления. Наименее требовательными окислителями являются аэротенки.

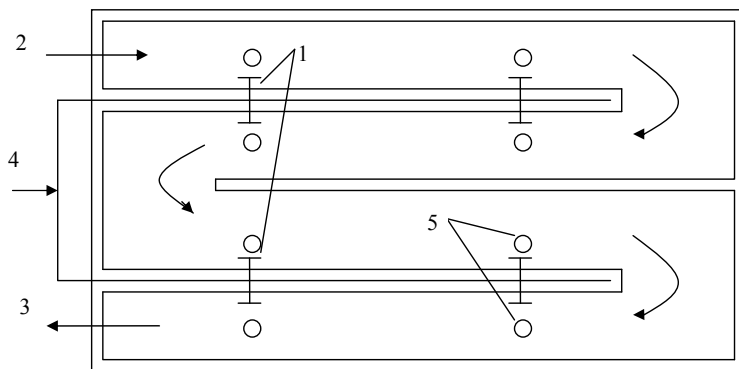
В настоящее время используют пневматическую (рис. 1) и пневмомеханическую (рис. 2) аэрации при очистке сточных вод в аэротенках в присутствии активного ила, состоящего из микроорганизмов, очищающих воду от органических загрязнений. При пневматической аэрации, необходимый для питания активного ила, кислород, растворенный в воде, поступает из пузырьков воздуха, подаваемого в аэротенк.



**Р**  
**Рис.1. Схема сечения коридорного аэротенка с пневматическими аэраторами:**

- 1 – воздухораспределительное устройство;**
- 2 – поступающая сточная вода;**
- 3 – выходящая очищенная сточная вода;**
- 4 – поступление воздуха от нагнетателя.**

В случае пневмомеханической аэрации пузырьки воздуха дробятся мешалкой, что увеличивает поверхность контакта пузырьков воздуха с водой и интенсифицирует процесс массопередачи кислорода воздуха в воду.



**Рис. 2. Схема сечения коридорного аэротенка с пневмомеханическими аэраторами:**

- 1 –** воздухораспределительное устройство;
- 2 –** поступающая сточная вода;
- 3 –** выходящая очищенная сточная вода;
- 4 –** поступление воздуха от нагнетателя;
- 5 –** пневмомеханический аэратор.

**Цель и постановка задач исследования.** Целью настоящей работы является снижение энергетических затрат при пневматической и пневмомеханической аэрации в системах очистки стоков промышленных предприятий. Для достижения поставленной цели был выполнен анализ энергетической эффективности пневматической и пневмомеханической аэраций.

**Методика исследований.** Целесообразно использование того вида аэрации, которому соответствует наибольшая энергетическая эффективность очистки.

Энергетическая эффективность определяется удельной мощностью – затратами мощности на единицу снижения концентрации загрязнений и на единицу расхода сточных вод [1]:

$$\overline{N} = \frac{N}{Q(C_{го} - C_r)} \cdot \frac{\kappa Вт \cdot с \cdot л}{м^3 \cdot мг} \quad (1)$$

где  $N$  – затраченная мощность на очистку,  $\kappa Вт$ ;  $Q$  – расход сточных вод,  $м^3 / с$ ;  $(C_{го} - C_r)$  – снижение концентрации загрязнений при очистке,  $мг / л$ .

Для исследования энергетической эффективности воспользуемся методиками расчета пневматической и пневмомеханической аэраций [2], разработанными с учетом рекомендаций [3].

Расчеты проводили при следующих исходных данных:  $Q=200$ - $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $C_{ГО}=200$ - $800 \text{ мг/л}$ ; диаметр пузырьков воздуха  $d=0,5$ - $14 \text{ мм}$ . Результаты расчетов в качестве примера приведены на рис. 3 для  $C_{ГО}=500 \text{ мг/л}$ .

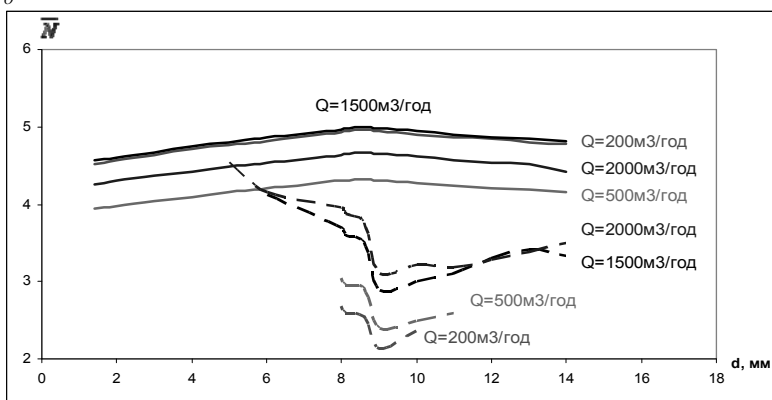


Рис. 3. Зависимость энергетической эффективности при пневматической (—) и пневмомеханической (---) аэрациях.

**Результаты и их анализ.** Из рис. 3 следует, что энергетическая эффективность при пневмомеханической аэрации зависит от расхода сточных вод. С уменьшением расхода параметр  $\bar{N}$  уменьшается, но диапазон возможных значений диаметра пузырьков  $d$  сужается, т.к. за пределами диапазона мешалка не обеспечивает дробления пузырьков воздуха, происходит, так называемое, «захлебывание» мешалки.

Использование пневмомеханической аэрации обеспечивает энергосбережение по сравнению с пневматической аэрацией. Так при  $Q=200 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $d=9 \text{ мм}$ ) значение  $\bar{N}$  снижается 2,3 раза, а при  $Q=2000 \text{ м}^3/\text{ч}$  - в 1,5 раза.

Данные, приведенные на рис. 3, показывают, что пневмомеханическую аэрацию целесообразно использовать при диаметрах пузырьков воздуха  $d > 6$ - $8 \text{ мм}$ , а пневматическую аэрацию при меньших диаметрах пузырьков.

### Выводы

1. При диаметрах пузырьков воздуха  $d > 6$  мм пневмомеханическая аэрация обеспечивает удельную мощность меньшую в 1,5 – 2,3 раза, чем пневматическая. При меньших диаметрах пузырьков воздуха целесообразно использовать пневматическую аэрацию.

### Литература

1. Дихтярь Т.В. Сравнение эколого – энергетической эффективности пневматической и пневмомеханической аэрации при очистке сточных вод в аэротенках. Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. науч. трудов. Вып. № 50. - Дн-вск., ПГАСА, 2009. - с.171-174.

2. Боровский Б.И., Дихтярь Т.. Массопередача в процессе биологической очистки сточных вод (учебное пособие по дисциплине «Массопередача» для студентов специальности 7.092.601 «Водоснабжение и водоотведение»). – Симферополь: НАПКС, 2007 – 68 с.

3. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой, 1986. – 74 с.

**Захаров Р. Ю., к.т.н., доцент, Губская У. А., аспирант**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Перспективные направления повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий**

*Рассмотрены основные показатели уровня экологической безопасности и охарактеризовано состояние экологической обстановки регионов со значительными площадями орошения, определена степень влияния сельскохозяйственной деятельности на природную среду и методы ее оценки; рассмотрены основные концепции развития природно-технических систем и перспективные направления повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий, прежде всего инновационное развитие технологий; обосновано, что на начальной стадии реализации подходов, направленных на повышение уровня экологической безопасности, целесообразно осуществлять конкретнотехнические мероприятия, например, внедрять новые технологические устройства создания искусственного дождя, в том числе пневмогидравлическое устройство (ПГУ).*

**Экологическая безопасность, природно-техническая система, орошаемые территории, показатели экологической безопасности, технология создания искусственного дождя**

**Введение.** В начале XXI века экологическая ситуация в Украине продолжает ухудшаться. Дальнейшее социально-экономическое развитие страны невозможно без обеспечения необходимого уровня экологической безопасности. Одним из способов обеспечения экологической безопасности является постоянный контроль и регулирование факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на экологические показатели. Одной из основных задач, направленной на обеспечение научно-обоснованного управления экологическими и социальными процессами на региональном уровне является правильный выбор показателей и критериев оценки экологической обстановки территорий.

Обострение экологической ситуации во многих регионах Украины в значительной мере связано с влиянием сельскохозяйствен-

ной деятельности, в том числе орошения, на природную среду. Основное отличие такого вида деятельности заключается, прежде всего, в распространении воздействий на огромные территории. Как правило, использование больших площадей под сельскохозяйственные нужды вызывает коренную перестройку всех компонентов естественных природных комплексов [1].

Применение различных видов орошения приводит к изменению влагооборота, характера распределения температуры и влажности в приземном слое воздуха и верхних слоях почвы, создается специфический микроклимат. При этом неправильные мероприятия по изменению водного и солевого режимов почвы часто вызывают заболачивание и вторичное засоление почвы.

Для орошения из природных комплексов изымаются огромные массы воды. Во многих странах и районах мира орошение является основной статьей потребления воды и в маловодные годы приводит к дефициту водных ресурсов.

Эти и другие факторы негативного воздействия на компоненты природных комплексов во многом снижают уровень экологической безопасности орошаемых территорий.

Поэтому для обеспечения экологической безопасности необходим выбор перспективных направлений повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий и, в целом, такой путь регионального развития, который в значительной степени учитывает не только социально-экономические, но и экологические приоритеты.

**Анализ публикаций.** Уровень экологической безопасности проявляется и оценивается комплексом показателей, характеризующих состояние экологической обстановки [2,3]:

- уровень нарушенности естественных экосистем;
- состояние отдельных компонентов природной среды (воды, воздуха, почвы);
- объемы выбросов загрязняющих веществ;
- площади деградированных земель и др.

Экологическая оценка территории определяется следующим комплексом мероприятий [4]:

- определение и оценка комплекса факторов экологической опасности, проявляющихся на данной территории;
- районирование территории по устойчивости к проявлению факторов экологической опасности;

- составление и ведение кадастра объектов воздействия на окружающую среду;
- составление кадастра природных ресурсов;
- определение антропогенной нагрузки;
- составление и ведение кадастра «загрязненных» площадей.

Экологический мониторинг должен включать в себя следующие составляющие [2]:

- контроль качества компонентов окружающей среды;
- контроль источников воздействия на окружающую среду;
- нормирование воздействий на окружающую среду.

Региональный уровень включает крупные географические или экономические зоны, а иногда территории нескольких государств. На этом уровне система управления экологической безопасностью включает [4]:

- новые экологически безопасные технологии;
- экологизацию экономики;
- выдерживание темпов экономического развития, не препятствующих восстановлению качества окружающей среды и способствующих рациональному использованию природных ресурсов.

Наиболее существенные изменения от сельскохозяйственного воздействия, в том числе как богарного так и орошаемого земледелия, являющегося разновидностью мелиорации, испытывает почва. Орошение оказывает глубокое и длительное, а часто необратимое воздействие на почву, изменяющее ее коренные свойства [5]. В естественных условиях почвенное плодородие постоянно поддерживается тем, что взятые растениями вещества снова возвращаются в нее с растительным опадом. В земледельческих же комплексах основная часть элементов почвы изымается вместе с урожаем.

К настоящему моменту с точки зрения обеспечения экологической безопасности рассматривается два варианта развития природно-технических систем.

Первая концепция говорит о том, что требуемый уровень экологической безопасности может обеспечиваться только при помощи технологий. При данной концепции отсутствуют ограничения на использование ресурсов и рост экономики. Она включает в себя разные идеи: одни не признают, что экологическая безопасность находится под угрозой; другие считают, что экологическая безопасность может находиться под контролем совместно с экономическим ростом и ростом населения. Согласно этой концепции, эколо-



гическая безопасность является труднообеспечимой только из-за временных проблем с неправильным использованием технологий. Согласно этой концепции берутся любые начальные условия и просчитываются прогнозные варианты будущего развития.

Вторая концепция – биосферная, говорит о том, что экологическая безопасность должна обеспечиваться, опираясь на теоретическую базу и осмысление экологии. В данной идеологии за принцип принята биотическая регуляция. Теория этой концепции определяет, что экологическая безопасность должна поддерживаться биотической устойчивостью окружающей среды. Однако воздействие биота будет проявляться только до определенного крайнего уровня. При превышении этого порога экологическая безопасность не сможет быть восстановлена биотой. Экологическая безопасность будет находиться под огромной угрозой в случае, если биота окажется в запороговом состоянии.

В настоящее время природоохранная деятельность руководствуется именно первой концепцией, а экологическая безопасность обеспечивается ограниченным использованием локальных систем очистки среды, стремлением к приведению к узаконенным нормативам показателей состояния окружающей среды, частичным введением новых технологий.

Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду и уровень экологической безопасности значительно и многообразно. Существует множество методов вычисления и оценки разных аспектов этого воздействия и его опасности. Можно выделить три основных подхода к оценке уровня экологической безопасности:

- 1) оценка состояния субъекта;
- 2) оценка состояния среды субъекта;
- 3) оценка риска экологической опасности.

В первом случае речь идёт о состоянии человека, социума, растений, сельскохозяйственных культур, животных, биоценозов, ландшафтов. Однако этому методу свойственны некоторые недостатки. Дело в том, что экологическое состояние объекта формируется за длительный период, причём от влияния различных типов сред.

В другом случае оценивается состояние самой среды. Между состоянием среды и состоянием субъекта нет твёрдой функциональной связи, поскольку субъекты реагируют на влияние среды с определённым опозданием в зависимости от свойств инерционности, буферности, автономности, относительной независимости.

Для определения оценки риска экологической опасности используется степень отклонения субъекта или среды от нормы.

Таким образом, все три подхода являются взаимодополняющими, и нет одного универсального метода оценки уровня экологической безопасности.

Сложностью подобных природно-технических систем, подверженных влиянию многообразных естественных и антропогенных факторов, которые, в свою очередь, находятся в сложных взаимосвязях и взаимозависимостях, объясняется применение множества критериев и подходов к оценке экологической безопасности. Однако, вне зависимости от природы и характера данных взаимосвязей, вместе они формируют некий определённый набор конкретных причинно-следственных связей экологических угроз и последствий в виде нарушенных взаимодействий компонентов природно-технических систем орошаемых территорий, которые должны быть соответствующим образом проанализированы, классифицированы и ранжированы по очередности осуществления.

**Цель и постановка задачи исследований.** Основной целью исследований является определение наиболее перспективных направлений повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий на основании анализа и классификации основных видов экологических угроз и их проявлений при выделенных видах нарушений взаимодействия компонентов природно-технических систем.

Объектом исследований являются орошаемые территории.

Предмет исследований – экологическая безопасность орошаемых территорий.

Основные задачи исследований:

- определение видов нарушений взаимодействий компонентов природно-технических систем орошаемых территорий и определение основных видов экологических угроз;
- на основании выбора приоритетной концепции развития природно-технических систем определение перспективных направлений повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий путем технических решений по реализации путей ликвидации угроз;
- предварительная оценка очередности реализации мероприятий по повышению экологической безопасности орошаемых территорий.

**Методика исследований.** Основными методами исследований, позволяющими достичь решения поставленных задач, являются системный подход и системный анализ.

С учетом принятой концепции развития природно-технических систем на основании анализа нарушений взаимодействия компонентов систем определяются основные виды угроз, а также перспективные направления ликвидации этих угроз с целью повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий.

**Результаты и их анализ.** Основываясь на второй концепции повышения уровня экологической безопасности, необходимо рассматривать следующие пути экологизации сельского хозяйства [6,7]:

- переход к экологическому (органическому) земледелию;
- более продуктивно использовать биоклиматический потенциал земель (адаптивное земледелие);
- использование в земледелии принципа профилактики (ориентирование на меры, предупреждающие негативное воздействие на природно-техническую среду);
- более широко выращивать раритетные культуры (культуры, которые хорошо произрастают в данном регионе);
- в максимальной степени следует использовать остатки биоты и др.

На основе анализа основных характеристик экосистем орошаемых территорий можно выделить угрозы, вызывающие нарушение вещественно-энергетических и информационных взаимодействий в окружающей природной среде и пути их ликвидации [3].

В табл.1 приведен анализ угроз и видов нарушений взаимодействий компонентов природно-технических систем орошаемых территорий от вмешательства хозяйственной деятельности человека в окружающую природную среду и основные перспективные направления ликвидации этих угроз путем определенных действий, в основном технического характера, направленные на повышение уровня экологической безопасности.

Восстановление нарушенных вещественных и информационных взаимодействий предусматривает продолжительные и требующие значительных финансовых затрат мероприятия. Поэтому, как одну из основных перспектив повышения уровня экологической безопасности регионов со значительным распространением сельскохозяйственной деятельности в форме орошаемого земледелия.

лия, необходимо рассматривать применение инновационных подходов к техническим и технологическим мероприятиям орошения, направленным на повышение эффективности работы отдельных элементов и системы в целом [8]. И, соответственно, целесообразно на начальной стадии реализации подходов, направленных на повышение уровня экологической безопасности, осуществлять конкретно-технические мероприятия, оптимизирующие энергетические взаимосвязи, характеризующие степень энергетических затрат и воздействий, например, внедрять новые технологические устройства создания искусственного дождя.

Таблица 1.

### Анализ угроз и направления повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий

| Показатели                                                        | Вид нарушенного взаимодействия                                                                      |                                                            |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   | Нарушение энергетических взаимодействий                                                             | Нарушение вещественных взаимодействий                      | Нарушение информационных взаимодействий                                                          |
| 1                                                                 | 2                                                                                                   | 3                                                          | 4                                                                                                |
| Пример нарушения                                                  | Истощение природных ресурсов                                                                        | Нарушение круговорота веществ                              | Угнетение естественных экосистем                                                                 |
| Угроза                                                            | Снижение плодородия почвы                                                                           | Снижение биопродуктивности                                 | Потеря защитных и восстановительных функций экосистем                                            |
| Направление ликвидации угроз                                      | Устранение причин, вызывающих снижение плодородия почвы                                             | Восстановление круговорота веществ                         | Меры по стабилизации и восстановлению экологической емкости территории                           |
| Пример пути ликвидации угроз                                      | Экологическое и адаптивное земледелие, выращивание редких культур и другие инновационные технологии | Внедрение принципа профилактики                            | Оптимизация площади орошаемых территорий, количества и видового разнообразия оросительных систем |
| Основные технические решения по реализации путей ликвидации угроз | Применение инновационных подходов к технологии создания искусственного дождя                        | Очистка и подготовка воды, оптимизация режимов водоподдачи | Выполнение технико-экономического сравнения эффективности эксплуатации оросительных систем       |

Рассмотрим более подробно один из видов технологических устройств создания искусственного дождя, а именно пневмогидравлическое устройство создания искусственного дождя (ПГУ). Это устройство характеризуется новым системным подходом, который заключается в изменении принципа действия и конструкции рабочего органа дождевальными устройств. Это изменение, в первую очередь, направленно на улучшение показателей качества искусственного дождя, микроклимата приземного слоя воздуха и, в конечном счёте, на повышение уровня экологической безопасности орошаемых и прилегающих территорий [9,10].

Пневмогидравлическое устройство создания искусственного дождя при оптимальных конструктивных параметрах образует искусственный дождь со средней интенсивностью до  $\rho_{\text{ср}} = 0,725$  мм/мин и с крупностью капель не более  $d_{\text{ср}} = 1,07$  мм и, поэтому не нарушает структуры поверхности почвогрунта и исключает эрозионное воздействие капли, а также обеспечивает оптимальный микроклимат при снижении энергозатрат на полив[1,9]. При эксплуатации ПГУ существует возможность внесения в почву вместе с поливной водой питательных веществ. При использовании ПГУ, благодаря возможности регулирования равномерностью распределения искусственного дождя в пространстве, улучшается состояние приземного слоя воздуха, что также положительно влияет на почву, и создаются оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

В процессе эксплуатации пневмогидравлического устройства создания искусственного дождя, применительно к существующим модификациям дождевальных машин, возникает возможность технологически простого регулирования расходов воды и, следовательно, поливных норм, а это обеспечит значительную экономию на всех этапах технологического процесса. Кроме этого, снижается вероятность вылива большого количества воды, которое может привести к образованию переувлажнённых участков и, как результат, к вторичному засолению почвогрунтов, заболачиванию, поднятию уровня грунтовых вод и другим негативным последствиям, что также во многом способствует восстановлению вещественных взаимодействий.

### Выводы

1. Необходим переход к реализации биосферной концепции обеспечения экологической безопасности природно-технических систем, в том числе путем ведения сельского хозяйства на основе системных научно-обоснованных методов с использованием адаптивных природосберегающих технологий, что будет способствовать минимизации отрицательных воздействий на окружающую среду. В перспективе такой подход будет способствовать постепенному улучшению, как мелиоративных условий орошаемых территорий, так и параметров экологической безопасности на региональном уровне.

2. Основными перспективными направлениями повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий являются технические решения по реализации путей ликвидации экологических угроз на орошаемых территориях: применение инновационных подходов к технологии создания искусственного дождя; очистка и подготовка воды; оптимизация режимов водоподдачи; выполнение технико-экономического сравнения вариантов по эффективности эксплуатации различных видов орошения на оросительных системах.

3. На начальной стадии реализации подходов, направленных на повышение уровня экологической безопасности, целесообразно осуществлять преимущественно конкретно-технические мероприятия, например, внедрять новые технологические устройства создания искусственного дождя, такие как пневмогидравлическое устройство (ПГУ), что обусловлено, в основном, финансовыми и временными факторами.

### Литература

1. Карук Б.П. Экологическое обоснование проектов мелиоративных систем. – Киев: Изд-во ВИПК Минводстроя СССР., 1989. – 110 с.
2. Шмаль А. Г. Методологические основы создания системы экологической безопасности территории. - Бронницы: - МП «ИКЦ» БНТВ, 2000. — 216 с.
3. Коробкин В. И., Передельский Л.В. Экология. / Под ред. В. И. Коробкина - Ростов н/Д: Феникс, 2003. — 576 с.
4. Хоружая Т. А. Оценка экологической опасности. - М.: «Книга сервис», 2002. — 208 с.

5. Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища.: Підручник /За ред. О.І. Бондаря, Г.І. Рудька – К.: Видавництво ПП «ЕКМО»; Х.: ТОВ «Укртехнологія», 2004. – 423 с.

6. Боков В.А., Лушик А.В. Основы экологической безопасности: Учебное пособие. – Симферополь: СОНАТ, 1998. – 224 с., ил.

7. Экология Крыма. Справочное пособие./ Под ред. Н.В. Багрова. – Симферополь: Крымское учебно-педагогическое государственное издательство, 2003. – 360 с., ил.

8. Губская У.А. Инновационные технологии устройств создания искусственного дождя. //Материалы научно-практического семинара «Совместные воды – совместные воздействия». – Симферополь: КНЦ НАН и МОНУ, 2009. – с. 31.

9. Захаров Р.Ю., Луньов Д.В., Губська У.А. Патент України на корисну модель. № 43658 від 25.08.2009 р. «Пристрій створення штучного дощу».

10. Захаров Р.Ю., Губская У.А. Методы и способы совершенствования устройств создания искусственного дождя. //Строительство и техногенная безопасность. Вып. 30. – Симферополь: НАПКС, 2009. - с. 95-101.

**Кленина А.В., Лунев Д.В., инженер.**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

### **Расчет расстояний между трубами-дренами при двустороннем регулировании уровня грунтовых вод**

*Приведены результаты теоретических разработок академика Аверьянова С.Ф. по вопросу подачи воды в трубы-дрены с целью увлажнения почв. Изучен механизм подачи воды и схема распределения напоров при подаче воды в трубу-дрену. Определены необходимые расчетные параметры и способы их нахождения. Выполнен пробный расчет расстояний между трубами-дренами и сравнение расчетных расстояний с расстояниями на опытно-производственных участках.*

**Двустороннее регулирование уровня грунтовых вод, регулирующие трубы-дрены, расстояния между регулируемыми трубами-дренами, механизм поступления воды из регулирующих труб-дрен в почвогрунты, колодец-регулятор, параметры расчета расстояний.**

Система двустороннего регулирования уровня грунтовых вод (УГВ) предназначена для работы в двух режимах: дренирования и подпитывания грунтовых вод. При дренировании определение расстояний между трубами-дренами производится как для обычного дренажа и здесь не рассматривается.

Определяющим для системы двустороннего регулирования УГВ определением расстояний между регулируемыми трубами-дренами (РТД) является расчет на подпитывание грунтовых вод, что и является предметом рассмотрения в данной работе.

Общее теоретическое решение по расчету расстояний между РТД при подпитывании грунтовых вод разработал академик С.Ф. Аверьянов [1]. Нами исследован механизм поступления воды из РТД в грунт, определены конкретные расчетные параметры в полевых условиях, проведена работа отдельных конструктивных узлов системы, определена сходимости расчетных значений расстояний между РТД с фактическими значениями в полевых условиях на опытно-производственных участках.



Механизм поступления воды из РТД в грунт заключается в следующем: вода - при подаче ее в регулирующие трубы-дрены - через стыки между гончарными трубками или отверстиями перфораций выходит в дренажную траншею и сначала заполняет обратную засыпку над трубой-дреной, а затем из дренажной траншеи растекается в междренье. По мере подачи оросительной воды и общего подъема грунтовых вод уровни над трубой-дреной повышаются, приближаясь к поверхности. Разница в пьезометрических уровнях в трубе-дрене и в фильтровой засыпке над трубой-дреной (рис.1) по опытным данным составляет примерно 30 см.

Превышение пьезометрического уровня в фильтровой засыпке над фактическим уровнем грунтовых вод над дреной составляет примерно 10...15 см.

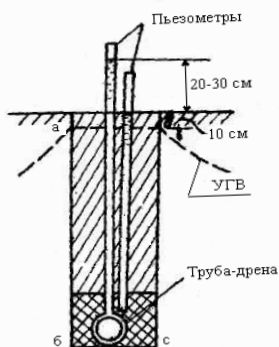


Рис.1. Схема распределения напоров при подаче воды в трубу дрена

Учитывая это, проектирование колодца-регулятора напора должно осуществляться таким образом, чтобы уровень воды в нем был на 20...30 см выше поверхности земли. Трассировка трубы-дрены осуществляется с таким уклоном, чтобы пьезометрический уровень в ней был параллельным поверхности земли и выше ее также на 20...30 см. В этом случае предельный уровень грунтовых вод над дреной будет ниже поверхности земли на 10...15 см. Опыты показали, что в связи с ограниченностью, как времени подпитывания,

так и площади над трубой-дреной с такими близкими УГВ, отрицательного влияния их на культуры не происходит.

Как уже указывалось выше, при установлении расстояний между регулируемыми трубами-дренами определяющим является расчет на подпитывание грунтовых вод в целях подпочвенного увлажнения. Установленные таким образом расстояния являются достаточными для осуществления дренирования земель и расчет из условий понижения УГВ можно не производить.

Рассчитывать расстояния между регулируемыми трубами-дренами, исходя из условия подпитывания грунтовых вод, можно по известным формулам для определения расстояний между осушительными или рассолительными дренами. Материалы, касаю-

щиеся использования указанных формул для расчета подъема грунтовых вод в целях увлажнения осушаемых земель, приводятся в работе С.Ф. Аверьянова [1]. Наши опыты показали принципиальную возможность применения указанных формул для расчета подъема грунтовых вод в целях увлажнения почв на орошаемых землях.

При расчете расстояний между регулируемыми трубами-дренами системы двухстороннего действия необходимы следующие исходные данные:

1. Сведения о водопотреблении культуры (обычно устанавливаются на основании опытных данных или по эмпирическим зависимостям).

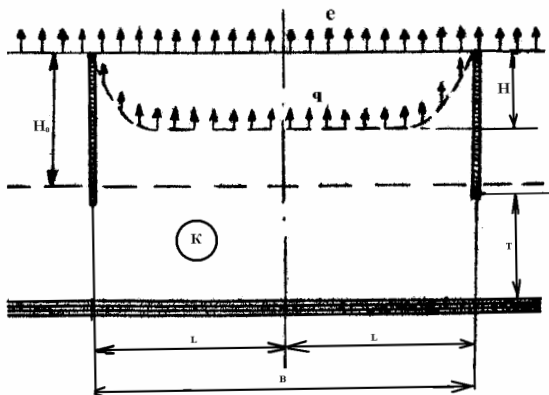
2. Влагоподъемные характеристики почв (кривые  $q = f(\omega)$ ), определяемые на основании опытно-полевых или теоретических исследований.

3. Гидрогеологические характеристики почвогрунтов, включающие геолого-литологические профили, расстояния до водоупоров, коэффициенты фильтрации грунтов.

Расстояния между регулируемыми трубами рассчитываются для периода максимального суммарного испарения сельскохозяйственной культуры. В этот период почва должна иметь оптимальную, для культуры, влажность, грунтовые воды должны находиться на предельно высоких отметках, а количество влаги, поступающей в расчетный слой почвы от грунтовых вод, должно быть равно суммарному испарению (в случае, когда предусматривается только подпочвенное орошение). Система в это время работает при постоянных и наиболее высоких уровнях грунтовых вод, вся подаваемая трубами-дренами вода расходуется на суммарное испарение, а режим движения грунтовых вод является установившимся.

За расчетный УГВ над трубой-дреной во время впитывания грунтовых вод при соблюдении условий, указанных на рис.1, можно принимать поверхность земли. В этом случае за расчетный напор над трубой-дреной принимается необходимая глубина УГВ от поверхности при  $q_{\max} = e_{\max}$ , т.е. для условий юга Украины можно принять  $H=60...100$  см (рис.2).

За расчетную площадь сечения (расчетный диаметр) трубы-дрены принимается площадь сечения дренажной траншеи, заполненной водой. Например, при заложении трубы-дрены на глубину 1,8 м, соблюдении нормативных условий [2] и ширине дренажной траншеи 0,6 м расчетная площадь сечения трубы-дрены будет равна  $0,6 \times 1,7 = 1,02 \text{ м}^2$ , что эквивалентно расчетному диаметру 0,88 м.



**Рис.2 Схема для расчета расстояний между трубами дренами**

Формулы для определения расстояний между регулируемыми трубами-дренами в случае однородных грунтов:

при  $\frac{B}{T} \geq 3$  - формула С.Ф. Аверьянова:

$$B = 2H \sqrt{\frac{\kappa}{q} \left(1 + \frac{2T}{H}\right) \cdot \alpha} ; \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2T}{B} \cdot 2.94 \cdot \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi d}{\gamma T}}}$$

при  $\frac{B}{T} < 3$  - формула А.Н. Костякова:

$$B = \frac{\pi \cdot k \cdot H}{q \left(2.3 \cdot \lg \frac{B}{d} - 1\right)} ; \dots\dots\dots (2)$$

при  $T=0$  – формула Роте:

$$B = 2H \sqrt{\frac{k}{q}} ; \dots\dots\dots (3)$$

где:  $B$  - расстояние между трубами, м;  $H$  - среднее превышение напорного горизонта грунтовых вод (над трубой) над предельным уровнем грунтовых вод между трубами, м;  $k$  - коэф-

коэффициент фильтрации, м/сут;  $q$  - интенсивность капиллярного влагоподъема с предельных уровней грунтовых вод (в данном случае равная максимальному суммарному испарению), м/сут;  $T$  - расстояние от дрены до водоупора, м;  $d$  - расчетный диаметр трубы-дрены, принимаемый согласно рис.1.

Пример расчета расстояний между регулируемыми трубами-дренами исходя из условий увлажнения почв.

### **Исходные данные для расчета**

1. Грунты участка однородны и на глубину 13,8 м представлены суглинками с коэффициентом фильтрации  $K_{\phi}=0,4$  м/сут, подстилаются тяжелыми глинами, которые служат региональным водоупором

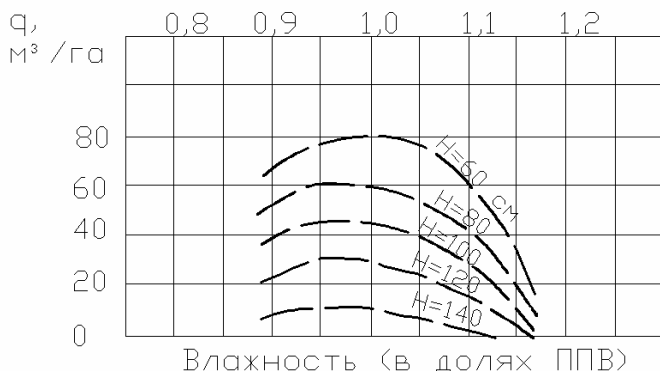
2. Глубина закладки труб-дрен 1,8 м; следовательно, расстояние от трубы-дрены до водоупора  $T=12$  м.

3. Влагоподъемные характеристики 60-сантиметрового слоя почвы, показаны на рис.3.

4. Расчетный влагоподъем в 60-сантиметровый слой почвы, обуславливаемый сельскохозяйственной культурой, составляет  $q_{\max}=60$  м<sup>3</sup>/сут на 1 га и осуществляется с глубины 80 см. Из этого же рисунка следует, что при глубине УГВ примерно 140...150 см грунтовые воды слабо используются для влагоснабжения расчетного слоя.

### **Порядок расчета**

1. По влагоподъемной характеристике почвы (рис.3) находим, что необходимый влагоподъем в расчетный слой  $q=60$  м<sup>3</sup>/сут на 1 га обеспечивается при глубине УГВ, равной 80 см.



**Рис.3. Влагоподъемные характеристики почвы**

1. При соблюдении условий проектирования, изображенных на рис.1(уровень воды в колодце регулирующей трубы-дрены выше поверхности земли на 20 см), напор над междреньем при подаче воды в РТД можно определять от поверхности земли; следовательно,  $H=0,8$  м.

2. Как указывалось, при глубине трубы-дрены 1,8 м и ширине дренажной траншеи 0,6 м, расчетная площадь сечения трубы-дрены равна  $0,6 \times 0,7 = 1,02 \text{ м}^2$ , что эквивалентно  $d=0,83$  м.

3. Расстояние между регулирующими трубами  $B$  рассчитанное по формуле Аверьянова для случая, когда  $B \geq 3$  при  $K_{\Phi}=0,4$  м/сут,

$$B = 2H \sqrt{\frac{\kappa}{q} \left(1 + \frac{2T}{H}\right) \cdot \alpha} = 2 \cdot 0,8 \sqrt{\frac{0,4}{0,006} \left(1 + \frac{2 \cdot 12}{0,8}\right) \cdot 0,39} = 44,1 \text{ м.}$$

4. Аналогичный расчет при  $K_{\Phi}=0,6$  м/сут дает расстояние между трубами-дренами  $B=57,0$  м.

Указанные расстояния имеют удовлетворительную сходимость с расстояниями, полученными в условиях проверок на опытно-производственных участках.

### Выводы

1. Конструкции узлов сооружений, подающих воду в РТД и реализуемый ими механизм поступления воды на увлажнение почв, отвечают общим теоретическим принципам, предложенным академиком Аверьяновым С.Ф.

2. Расстояния между регулирующими трубами рассчитанные по формуле Аверьянова имеют удовлетворительную сходимость с расстояниями, полученными в условиях опытно-производственных участков.

### Литература

1. Аверьянов С. Ф. Расчёт понижения и подъёма грунтовых вод при осушении системой каналов// Гидротехника и мелиорация. – 1957.-№12.

2.Марюшин П.А. Орошение чернозёмов: Монография. В 2ч. – К: ИСДО, 1993.

**Хван В.С., к.т.н., доцент**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

**Тепловлажностный режим помещений при использовании центрально-местной системы кондиционирования с вентиляторными доводчиками в теплый период года.**

В настоящее время в Крыму для кондиционирования офисных зданий, гостиниц, санаториев, торговых залов супермаркетов все чаще используются многозональная система кондиционирования VRV/III фирмы Daikin. Система состоит из одного наружного блока, который устанавливается чаще всего на крыше здания, и до 64 внутренних блоков (местные агрегаты - вентиляторные доводчики), размещаемых в кондиционируемых помещениях. Блоки соединены между собой фреоновым медным трубопроводом, по которому циркулирует хладагент R407. Данная система работает на рециркуляционном воздухе, а именно, воздух вентилятором забирается из помещения и поступает во внутренний блок, где охлаждается (нагревается) и обратно подается в помещение. Имеются в модельном ряду внутренних блоков фирмы, кондиционеры канального типа с возможностью забора небольшого количества наружного воздуха, через индивидуальный воздуховод, однако этого объема воздуха недостаточно для обеспечения в помещении комфортных условий.

Проблема может быть решена, если использовать центрально-местную систему с вентиляторными доводчиками, устанавливаемые в каждое помещение. Предлагаемая система позволяет обеспечить каждое кондиционируемое помещение минимально необходимым количеством, предварительно обработанного свежего воздуха, а также обеспечить регулирование значениями влажности воздуха в помещении.

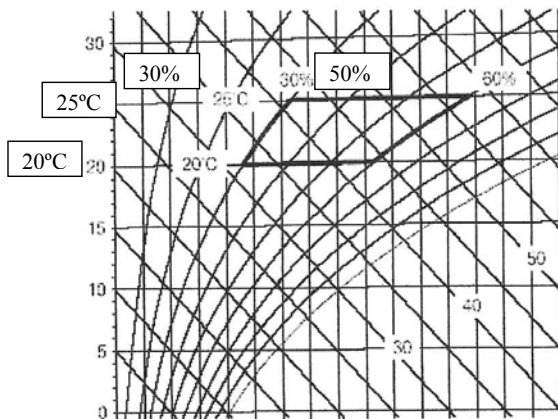
В центральной установке кондиционирования воздуха обрабатывается суммарное количество минимально необходимого наружного воздуха, подаваемого в помещения. Первичный воздух по сети воздуховодов поступает непосредственно в помещение через воздухораспределители. В вентиляторном доводчике происходит об-

работку смесь первичного и рециркуляционного воздуха, забираемая из помещения.

Поддержание заданной температуры в каждом помещении осуществляется системой управления. В соответствии с заданной температурой воздуха в помещении изменяется скорость вращения вентилятора (низкая, средняя, высокая) и расход теплоносителя через теплообменник. Для этого в конструкции местного агрегата предусмотрено специальное устройство – частотный регулятор.

В результате система кондиционирования с вентиляторными доводчиками при сохранении минимального воздухообмена обеспечивает поддержание требуемой температуры и влажности в каждом помещении независимо от времени года и изменения нагрузки на СКВ (система кондиционирования воздуха). Относительная влажность воздуха в помещениях также поддерживается в пределах оптимальных значений, хотя достижение конкретных заданных значений относительной влажности с помощью предлагаемой системы невозможно [1].

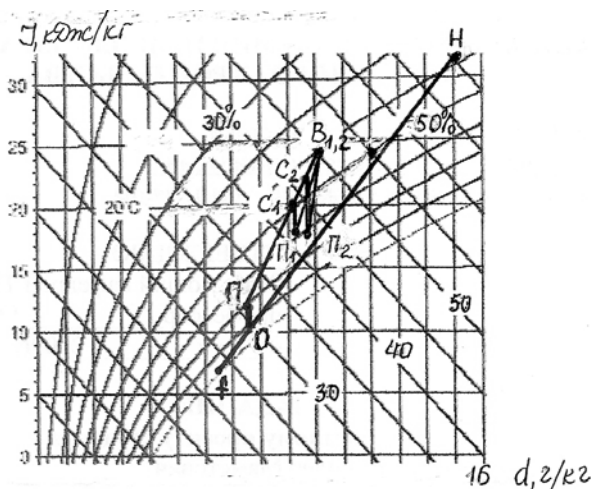
Наиболее удобный и наглядный метод расчета и изображения процессов обработки наружного и внутреннего воздуха основан на использовании I-d – диаграммы влажного воздуха (рис. 1).



**Рис. 1. Область оптимальных значений параметров внутреннего воздуха, изображенная на I-d – диаграмме влажного воздуха.**

Построение на I-d – диаграмме влажного воздуха процессов изменения состояния воздуха в воздуховоздушной СКВ со смеше-

нием наружного воздуха, обработанного в центральном кондиционере, и обработкой смеси во внутреннем блоке в теплый и холодный период года для трех помещений представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Построение на I-d – диаграмме влажного воздуха процессов изменения состояния воздуха в воздуховоздушной СКВ.**

Точка Н характеризует состояние наружного воздуха, точка В – состояние внутреннего воздуха в теплый период года. На линии насыщения  $\phi = 100\%$  отмечают точку предельного состояния воздуха при «мокром» охлаждении в поверхностном воздухоохладителе центрального кондиционера, средняя температура поверхности фреонового воздухоохладителя порядка  $5^\circ\text{C}$ . Соединяют полученную точку с точкой Н, и на этой линии находят точку О, характеризующее конечное состояние охлажденного и осушенного воздуха, определив предварительно значение конечной относительной влажности воздуха для этой точки. Определяют значение влагосодержания в точке конечного состояния воздуха. Из точки О проводят линию постоянного влагосодержания  $d_0 = \text{const}$  до пересечения с изотермой  $t_{\Pi} = t_0 + 1^\circ\text{C}$ . Отрезок О-П учитывает подогрев первичного воздуха в вентиляторе центрального кондиционера. Положение точки внутреннего воздуха  $B_{1,2}$  определяют на пересечении изотермы и линии постоянного влагосодержания внутреннего воз-



духа  $d_B = \text{const}$ , определяя последнее из уравнения баланса по влаге для характерного помещения, г/кг:

$$d_B = d_{\text{мин}} + W / G \quad (1)$$

Через точку  $B_{1,2}$  проводят лучи изменения состояния воздуха в помещениях с соответствующими значениями угловых коэффициентов процесса  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ . По заданному значению температуры приточного воздуха на выходе из вентиляторных доводчиков определяют положения точек  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , характеризующих состояние приточного воздуха на выходе из местных агрегатов, на линии процесса в помещении и параметры воздуха в этих точках: влагосодержание  $d_1$ ,  $d_2$  и энтальпию  $i_1$ ,  $i_2$ . Линии  $\Pi_1 B_1$ ,  $\Pi_2 B_2$  – лучи процессов изменения состояния приточного воздуха в этих помещениях.

Определяют расход смеси наружного и рециркуляционного воздуха через вентиляторный доводчик, кг/час:

$$G_{\text{см}} = 3,6 \cdot Q_{\text{яв}}^T / (c_B \cdot k_t \cdot (t_B - t_{\Pi})) \quad (2)$$

Подбирают вентиляторный доводчик, и определяют фактический расход воздуха через него при средней (максимальной) скорости вращения вентилятора  $G_{\text{ф1}}^{\text{ср}}$  и требуемую температуру воздуха после охлаждения в фанкойле:

$$t_{\Pi} = t_B - 3,6 \cdot Q_{\text{яв}}^{\text{изб}} / (c_B \cdot k_t \cdot G_{\text{ф1}}^{\text{ср}}) \quad (3)$$

Уточняют положение точек  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  и определяют параметры воздуха в этих точках: влагосодержание, энтальпию и относительную влажность.

Соединяют точку  $\Pi_1$  с  $B_1$ , на пересечении этой линии с линией постоянного влагосодержания воздуха  $d_{\Pi,2} = \text{const}$  получают точки  $C_1$  и  $C_2$ , характеризующие состояние смеси обработанного наружного воздуха в центральном кондиционере и рециркуляционного воздуха в соответствующем помещении.

На основе построения вычисляют расход холода на охлаждение смеси наружного и рециркуляционного воздуха во внутреннем блоке для конкретного помещения, кВт:

$$Q_{xi}^M = 0,278 G_{\Phi 1} (i_C - i_{mi}^M), \quad (4)$$

где  $i_C$ ,  $i_{mi}^M$  – энтальпия смеси воздуха на входе и выходе из внутреннего блока, кДж/кг.

Также вычисляют удельный расход холода на охлаждение наружного воздуха в центральном кондиционере, расход холода для конкретного помещения и общий расход холода на охлаждение наружного воздуха в центральном кондиционере, кВт:

$$q_{\chi}^H = 0,278 (i_H - i_O), \quad (5)$$

$$Q_{xi}^H = 0,278 G_{mi} (i_H - i_O), \quad (6)$$

$$Q_{\chi}^H = 0,278 G_H (i_H - i_O), \quad (7)$$

где  $i_H$ ,  $i_O$  – энтальпия воздуха соответственно наружного и после поверхностного воздухоохладителя центрального кондиционера, кДж/кг.

При уменьшении теплоступлений в помещении уменьшается подача хладагента в теплообменник вентиляторного доводчика, при дальнейшем снижении нагрузки уменьшается расход воздуха путем переключения на более низкую скорость вращения вентилятора до полной его остановки. Тогда теплоизбытки будут ассимилироваться только первичным воздухом.

### Выводы.

Преимуществами местно-центральной системы с вентиляторными доводчиками являются:

1. минимальная производительность по воздуху центрального кондиционера по сравнению с другими системами;
2. возможность индивидуально поддерживать в каждом кондиционируемом помещении температуру и влажность воздуха, независимо от параметров воздуха в других помещениях;
3. снизить энергозатраты на работу системы кондиционирования воздуха, за счет рациональной работы внутренних блоков.

### Литература.

1. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. - М.: Изд. Евроклимат, 2006, с. 287 - 291.
2. Каталог VRV III систем фирмы Daikin. 2006.

УДК 338.984, 620.92, 620.4

Химич А. П.

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

## **Сравнение экономической эффективности солнечных электростанций и котельных некоторых типов**

*Статья включает сравнительную экономическую оценку проектов солнечных электростанций и котельных с концентраторами солнечной энергии пяти конфигураций; в ходе анализа доказываемся возможность коммерческого применения промышленных солнечных установок в Украине и выбирается оптимальная конфигурация проекта.*

**Ключевые слова:** солнечная электростанция, параболоцилиндр, линейный концентратор, финансовая модель, чистая приведенная стоимость.

**Введение.** Каждый проект солнечной электростанции должен быть экономически обоснован. Кроме того, должна быть известна предполагаемая прибыль от проекта в долгосрочном периоде. Различные типы солнечных электростанций работают с разным экономическим эффектом, и необходимо определить, какие из них могут использоваться в коммерческих целях при текущем состоянии экономической системы Украины.

**Анализ публикаций.** В ходе анализа опубликованных отчетов [2] и текущих экономических данных [3,4,5,10], а также аналитической информации о законодательных актах [8] и расценок на оборудование и работы [6,7,9,11,12], были получены необходимые сведения для расчета и экономического прогнозирования работы солнечных электростанций.

**Постановка задачи и исходные данные.** В данной статье была поставлена задача разработать бизнес-планы нескольких типов солнечных электростанций и котельных с целью определения самой выгодной конфигурации.

В качестве базовой конфигурации была принята солнечная электростанция с номинальной электрической мощностью 5 МВт, использующая в качестве парогенератора систему параболоцилин-

дрических концентраторов (ПЦК) и производящая электроэнергию в паросиловом цикле [1]. Выбранная мощность станции 5 МВт требует сравнительно небольших капитальных вложений, что актуально на начальных этапах развития данной отрасли в Украине и нежелании инвесторов рисковать. В то же время такая мощность позволяет оценить коммерческую выгоду от проекта. На станции предусмотрен дублирующий газовый парогенератор.

Исходные данные для построения финансовой модели и разработки бизнес-плана приведены в табл. 3.1

Таблица 3.1

**Исходные данные и допущения**

| Год                                              | 2009   | 2010   | 2011   | ...* |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|------|
| Макроэкономические показатели                    |        |        |        |      |
| Налоговая ставка                                 | 25%    | 25%    | 25%    | ...  |
| Допущения по доходам                             |        |        |        |      |
| Тариф на электроэнергию, \$/кВтч [10]            | 0,07   | 0,08   | 0,09   | ...  |
| Темп роста** тарифа на электроэнергию, %         | 10%    |        |        |      |
| Тариф на тепловую энергию, \$/кВтч [10]          | 0,016  | 0,018  | 0,020  | ...  |
| Темп роста тарифа на тепловую энергию, %         | 12%    |        |        |      |
| Допущения по операционным затратам               |        |        |        |      |
| Введенная мощность, % от номинальной             | 33%    | 67%    | 100%   | ...  |
| Число сотрудников***                             | 10     | 10     | 10     | ...  |
| Темп роста средней зар. Платы                    | 8%     |        |        |      |
| Средняя зар. плата за год***, \$                 | 3937,5 | 4252,5 | 4592,7 | ...  |
| Налог на землю, \$ с 1 м <sup>2</sup> [4]        | 0,0094 | 0,0098 | 0,0103 | ...  |
| Темп роста налога на землю                       | 8%     |        |        |      |
| Проектная площадь застройки, м <sup>2</sup> [1]  | 386400 |        |        |      |
| Текущая площадь застройки, м <sup>2</sup>        | 127512 | 258888 | 386400 | ...  |
| Цена природного газа, \$ за 1 м <sup>3</sup> [9] | 0,14   | 0,16   | 0,17   | ...  |
| Темп роста цены на газ                           | 8%     |        |        |      |
| Налог на вредные выбросы, \$ с 1 т [10]          | 2,00   | 2,10   | 2,21   | ...  |
| Темп роста налога на вредные выбросы             | 5%     |        |        |      |

Примечания: (\*) : данные были экстраполированы на 25 лет работы

(\*\*) : предполагаемые темпы роста тарифов, заработной платы и налогов были приняты исходя из динамики экономических показателей за последние 5 лет, а также принятых темпов роста в аналогичных проектах

(\*\*\*) : оценка числа сотрудников и средней заработной платы представлена в табл. 3.2

Таблица 3.2

**Оценка фонда оплаты труда [4]**

| Должность               | З/п за месяц | Количество | Сумма    |
|-------------------------|--------------|------------|----------|
| Директор                | \$312,50     | 1          | \$312,50 |
| Диспетчер               | \$437,50     | 1          | \$437,50 |
| Бухгалтер               | \$250,00     | 1          | \$250,00 |
| Главный инженер         | \$375,00     | 1          | \$375,00 |
| Мастер турбинного цеха  | \$250,00     | 1          | \$250,00 |
| Мастер парового цеха    | \$250,00     | 1          | \$250,00 |
| Рабочий турбинного цеха | \$187,50     | 2          | \$375,00 |
| Рабочий парового цеха   | \$187,50     | 2          | \$375,00 |

На эффективность проекта большое влияние оказывают рыночные условия. Для их сравнения были построены графики движения дисконтированных денежных потоков, которые учитывают налоги на землю, сбор за вредные выбросы, выплаты с фонда оплаты труда, а также предполагаемый рост этих показателей, заработной платы и тарифов с течением времени. Ставка дисконтирования была рассчитана в соответствии с рекомендациями Deloitte and Touche RCS на основании аналогичных энергетических проектов, а также экономической ситуации в Украине. В табл. 3.3 приведен расчет ставки дисконтирования. Она составила для рассматриваемых проектов 24%.

Таблица 3.3

**Расчет ставки дисконтирования [2]**

|                                                                           |              |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Безрисковая ставка, $R_f$ [5]                                             | 3,78%        |
| $B$                                                                       | 0,27         |
| Рыночная премия за риск, $(R_m - R_f)$                                    | 7,76%        |
| Страновой риск, $B$                                                       | 8,12%        |
| Премия за малую капитализацию, $A$                                        | 4,63%        |
| Премия за специфический риск*, $C$                                        | 5,00%        |
| Обязательства по национальным облигациям, $R_m$ [4]                       | 11,90%       |
| <b>Ставка дисконтирования</b> , $Re = R_f + \beta(R_m - R_f) + A + B + C$ | <b>23,6%</b> |

Примечания: (\*) – расчет премии за специфический риск по рекомендации Deloitte and Touche RCS приведен в табл. 3.4

Таблица 3.4

**Расчет премии за специфический риск**

| Фактор риска                                     | Степень риска |         |         | Результат<br>(баллы)  |
|--------------------------------------------------|---------------|---------|---------|-----------------------|
|                                                  | Низкая        | Средняя | Высокая |                       |
| Уровень установленных тарифов                    | +             |         |         | 1                     |
| Зависимость от ключевых сотрудников              |               | +       |         | 2                     |
| Зависимость от ключевых поставщиков              | +             |         |         | 1                     |
| Зависимость от потребителей                      | +             |         |         | 1                     |
| Финансовое состояние компании                    |               |         | +       | 3                     |
| Состояние основных фондов                        |               | +       |         | 2                     |
| Перспектива развития бизнеса                     |               | +       |         | 2                     |
| Зависимость от погодных условий                  |               |         | +       | 3                     |
| Итоговый уровень из максимума в 3 балла          |               |         |         | 1,875 (ниже среднего) |
| <b>Принятая степень риска из максимума в 10%</b> |               |         |         | <b>5,0%</b>           |

Оценка капиталовложений для данного проекта приведена в табл. 3.5

Таблица 3.5

**Инвестиции**

|                                  | Цена за единицу                | Количество          | Сумма                  |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------|
| Турбина [11]                     | \$1 500 000,00 за 1 шт.        | 1                   | \$1 500 000,00         |
| Зеркала [12]                     | \$320,00 за 1 шт.              | 14400 шт.           | \$4 608 000,00         |
| Опорные конструкции [6]          | \$1 200,00 за тонну            | 1343 т              | \$1 611 600,00         |
| Вспомогательное оборудование [1] | -                              | -                   | \$350 000,00           |
| Арматура [12]                    | \$800,00 за тонну              | 683 т               | \$546 400,00           |
| Дорожные покрытия [6]            | \$12,00 за 1 м <sup>2</sup>    | 6000 м <sup>2</sup> | \$72 000,00            |
| Земляные работы [7]              | \$10,00 за 1 м <sup>2</sup>    | 9600 м <sup>2</sup> | \$96 000,00            |
| Здания [7]                       | \$1 590,00 за 1 м <sup>2</sup> | 848 м <sup>2</sup>  | \$1 348 320,00         |
| САР                              | -                              | -                   | \$50 000,00            |
| Служебные автомобили             | \$20 000,00                    | 3                   | \$60 000,00            |
| Капитальный ремонт               | \$250 000,00                   | 2                   | \$500 000,00           |
| Текущий ремонт                   | \$25 000,00                    | 20                  | \$500 000,00           |
| <b>Итого</b>                     |                                |                     | <b>\$11 242 320,00</b> |

**Методика исследования и построения финансовых моделей.** Для определения основных экономических показателей работы станции был произведен энергетический расчет станции, определено количество произведенной электроэнергии, тепловой энергии, затраченного природного газа. При этом были оценены доходы (табл. 4.1) и расходы (табл. 4.2) при производственной деятельности. Была построена финансовая модель, в которой учитывалось движение денежных потоков для каждого года работы и рассчитывалась чистая стоимость. Затем стоимость проекта за каждый год была приведена к текущему году с учетом полученной ранее ставки дисконтирования. Финансовый расчет представлен в табл. 4.3.

Таблица 4.1

**Доходы**

| Год                                   | 2009           | 2010           | 2011           | ... |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----|
| Поступления от продажи электроэнергии | \$1 012 745,25 | \$2 261 797,73 | \$3 713 399,25 | ... |

Таблица 4.2

**Расходы**

| Год                      | 2009         | 2010           | 2011           | ... |
|--------------------------|--------------|----------------|----------------|-----|
| Количество работников    | 10           | 10             | 10             | ... |
| Фонд оплаты труда        | \$39 375,00  | \$42 525,00    | \$45 927,00    | ... |
| Налоги с ФОТ [4]         | \$15 592,50  | \$16 839,90    | \$18 187,09    | ... |
| Налог на 1 работника     | \$12,50      | \$12,50        | \$12,50        | ... |
| Налог на всех работников | \$125,00     | \$125,00       | \$125,00       | ... |
| <b>Сумма налогов</b>     | \$15 717,50  | \$16 964,90    | \$18 312,09    | ... |
|                          |              |                |                |     |
| Закупка природного газа  | \$577 539,07 | \$1 266 385,67 | \$2 041 338,10 | ... |
| Налог на землю           | \$1 195,43   | \$2 548,43     | \$3 993,81     | ... |
| Налог на вредные выбросы | \$92 245,82  | \$196 651,32   | \$308 184,91   | ... |
| <b>Всего</b>             | \$726 072,82 | \$1 525 075,33 | \$2 417 755,91 | ... |

Таблица 4.3

**Финансы**

| Год                                                  | 2009           | 2010         | 2011         | ... |
|------------------------------------------------------|----------------|--------------|--------------|-----|
| Поступления от продаж электроэнергии                 | \$1 012 745,25 | \$2 261 797  | \$3 713 399  | ... |
| Затраты на производство электроэнергии               | \$726 072,82   | \$1 525 075  | \$2 417 755  | ... |
| Налог на прибыль                                     | \$0,00         | \$0          | \$0          | ... |
| <b>Денежный поток от основной деятельности</b>       | \$286 672      | \$736 722    | \$1 295 643  | ... |
| Инвестиции                                           | \$6 035 868    | \$2 172 304  | \$2 109 148  | ... |
| <b>Денежный поток от инвестиционной деятельности</b> | -\$6 035 868   | -\$2 172 304 | -\$2 109 148 | ... |
| <b>Денежный поток от финансовой деятельности</b>     | \$0            | \$0          | \$0          | ... |
| <b>Чистый денежный поток</b>                         | -\$5 749 195   | -\$1 435 581 | -\$813 504   | ... |
| <b>Дисконтированный денежный поток</b>               | -\$5 749 195   | -\$1 161 237 | -\$532 287   | ... |
| <b>Дисконтированный денежный поток</b>               | -\$5 749 195   | -\$6 910 432 | -\$7 442 719 | ... |

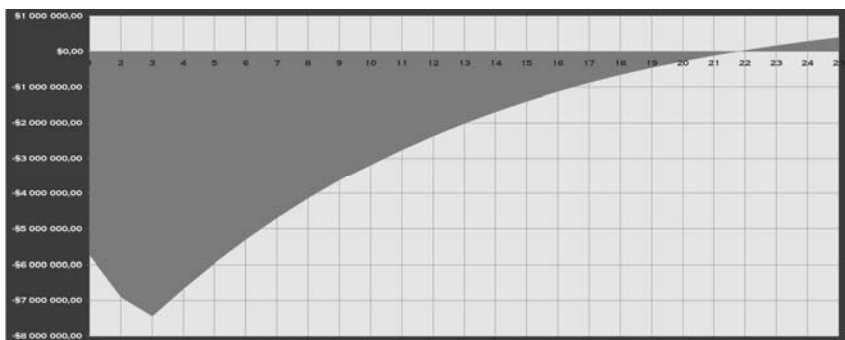
Приведенный расчет (при отсутствии льгот) показывает, что чистая приведенная стоимость электростанции с ПЦК мощностью 5 МВт в конце 25 года работы окажется отрицательной, то есть такой проект будет убыточным. При освобождении от налога на прибыль на 10 лет аналогичный расчет показывает, что такая же установка окупится через 22 года работы. При введении зеленого тарифа, равного двукратному тарифу на электроэнергию для потребителей 2 группы [8] стоимость проекта окажется положительной уже через 5 лет.

Мной были произведены энергетические расчеты и проектирование нескольких электростанций различных конфигураций и построено несколько аналогичных финансовых моделей, а также проведена оценка экономической эффективности этих проектов. При этом была рассмотрена их работа при отсутствии зеленого тарифа, но освобождении от налога на прибыль в первые десять лет работы.

4.1. ПЦК и ПТ. Первый рассмотренный вариант – паросиловая установка, в которой в качестве парогенератора применяется поле параболоцилиндрических концентраторов. Были рассчитаны капи-

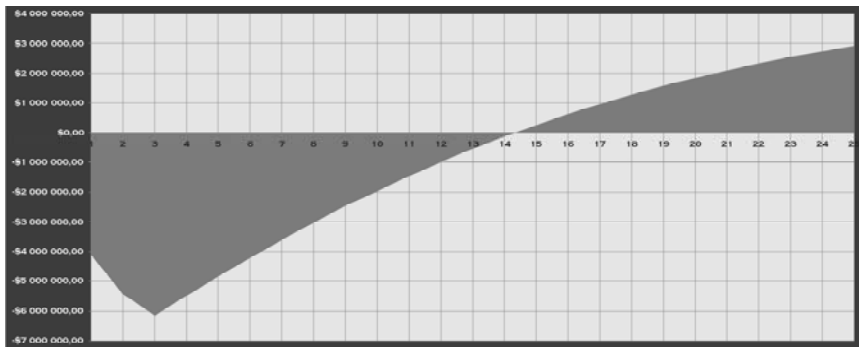


тальные затраты, затраты на производство, налоги и ожидаемая выручка от продажи электроэнергии. Основную часть капитальных затрат составляют параболоцилиндрические зеркала. Также значительные средства должны быть выделены на закупку природного газа для работы дублирующего парогенератора. График движения чистой приведенной стоимости (NPV) представлен на рис. 4.1.



**Рис. 4.1. NPV, ПЦК-электростанция**

4.2. ПЦК и К. Вторым рассмотренный вариант – поле ПЦК такой же мощности, как в первом варианте, но производящее исключительно тепловую энергию, предназначенную для централизованного горячего водоснабжения и отопления. Преимуществом такой станции являются меньшие капитальные затраты и значительно больший КПД установки в целом. График движения чистой приведенной стоимости данного проекта приведен на рис. 4.2.



**Рис. 4.2. NPV, ПЦК-котельная**

4.3. ЛК и ПТ. Третий вариант – паросиловая установка, в которой в качестве парогенератора применяется поле линейных концентраторов (ЛК). Зеркала для такой станции дешевле, гелиополе занимает меньшую площадь, но при этом концентрация менее эффективна, а затраты на управление зеркалами больше. Динамика чистой приведенной стоимости показана на рис. 4.3.

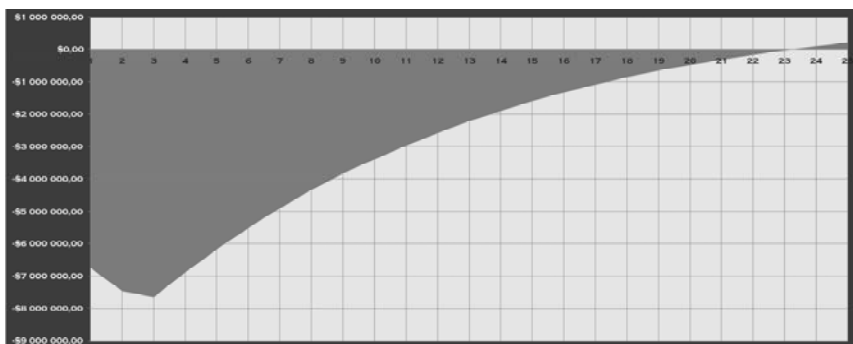


Рис. 4.3. NPV, ЛК-электростанция

4.4. ЛК и К. Четвертый вариант – аналогичная установка, производящая только тепловую энергию. График движения чистой приведенной стоимости данного проекта приведен на рис. 4.4.

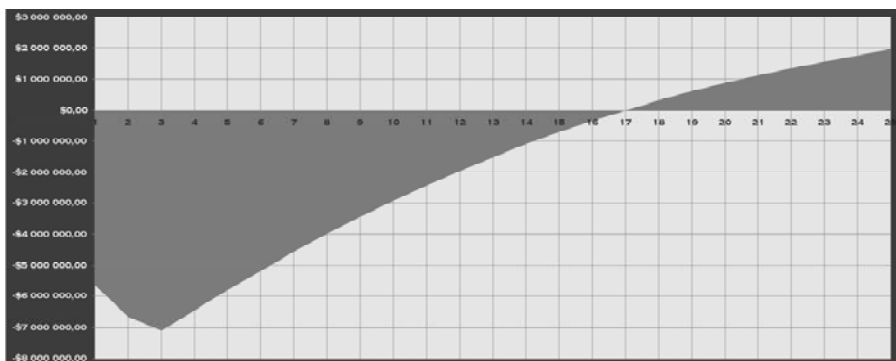


Рис. 3.4. NPV, ЛК-котельная

4.5. ЛК и ФЭ. Первые четыре конфигурации включают дублир, работающий на природном газе. Большую долю расходов в этом случае составляют закупка газа, а также налоги на вредные выбросы. Пятый вариант – система линейных концентраторов, в фокусе которых располагаются фотоэлементы. Дублирующий источник энергии в проекте не предусмотрен. В такой системе электроэнергия вырабатывается фотопреобразователями (ФП), а тепло, отводимое от них в процессе охлаждения, используется для централизованного горячего водоснабжения и отопления. Изменение чистой приведенной стоимости показано на рис. 4.5.

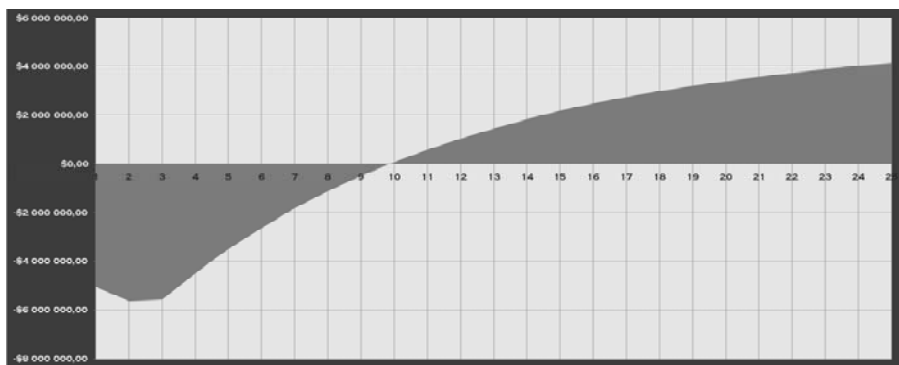


Рис. 4.5. NPV, ФП-электростанция

**Результаты исследования.** Количественная оценка эффективности рассматриваемых станций представлена в виде чистой приведенной стоимости в конце 25 года работы и срока окупаемости проекта.

Результаты оценки представлены в табл. 5.1

Исходя из приведенных результатов расчета, наиболее экономически выгодной конфигурацией является совмещение линейных концентраторов с фотоэлектрическими преобразователями. Однако, приведенные результаты нельзя считать окончательными, так как не были рассмотрены возможность аккумулирования энергии и затраты на эту операцию.

Таблица 5.1

**Чистая приведенная стоимость в конце 25 года работы и срок окупаемости**

| Тип                   | ПЦК+ПТ        | ПЦК+К        | ЛК+ПТ         | ЛК+К         | ЛК+ФЭ        |
|-----------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| NPV                   | \$ 405 258    | \$ 2 916 630 | \$ 198 701    | \$ 1 957 238 | \$ 4 140 112 |
| Срок окупаемости, лет | 22            | 15           | 24            | 17           | 10           |
| Капитал               | \$ 11 242 000 | \$ 9 742 000 | \$ 10 729 000 | \$ 9 229 000 | \$ 9 839 000 |
| Налоги и сборы в год  | \$ 245 000    | \$ 245 000   | \$ 251 000    | \$ 251 000   | \$ 44 376    |
| Закупка топлива в год | \$ 1 328 000  | \$ 1 328 000 | \$ 1 366 000  | \$ 1 366 000 | \$ 0         |

### Выводы

Сейчас солнечные электростанции уже нельзя рассматривать как исключительно исследовательские проекты: они могут и должны быть экономически рентабельными.

Прогнозирование их работы позволяет оценить финансовые риски, проиллюстрировать преимущества таких проектов, а также привлечь капитал в сферу возобновляемой энергетики, что должно ускорить преобразование всей энергосистемы Украины.

### Литература

1. Химич А. П., Козлов О. М. Парогенератор для солнечной тепловой электростанции электрической мощностью 5 МВт // Строительство и техногенная безопасность, выпуск , НАПКС, 2008;
2. Отчет об оценке Рефтинской ГРЭС ([http://www.rao-ees.ru/ru/reforming/ogk/reftinsk\\_gres.rar](http://www.rao-ees.ru/ru/reforming/ogk/reftinsk_gres.rar));
3. Национальный банк Украины. Финансовые рынки. ([http://www.bank.gov.ua/Fin\\_ryn/index.htm](http://www.bank.gov.ua/Fin_ryn/index.htm));
4. Статистические данные по макроэкономическим показателям Украины (<http://macrostat.nm.ru/>);
5. U. S. Treasury. Daily Treasury Yield Curve (<http://www.ustreas.gov/offices/domestic-finance/debt-management/interest-rate/yield.shtml>);
6. Цены на строительные материалы (<http://www.stroyotdel.ru/>);

7. Расценки на строительные работы  
([http://std.silap.com.ua/component/option,com\\_frontpage/Itemid,1/](http://std.silap.com.ua/component/option,com_frontpage/Itemid,1/));
8. Зеленый тариф в Украине  
(<http://www.kommersant.ua/doc.html?DocID=1148306&IssueId=7000099>);
9. Цены на газ в Украине  
(<http://news.liga.net/news/N0915721.html>);
10. Міністерство палива та енергетики  
(<http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/index>);
11. ОАО «Турбоатом» (<http://turboatom.com.ua/>);
12. Металлопрокат Украина (<http://www.metal.ukrbud.kiev.ua/>);

## **АНОТАЦІЇ** **(на українській мові)**

**Гадомская А.В., Танаков В.В. Особливості формування багатофункціональних молодіжних центрів у більших приморських містах**

Описано основні прийоми й принципи проектування молодіжних центрів у більших приморських містах, розглянуті особливості таких центрів. Розглянуто їхні принципи розміщення.

**Сафонов А.А., Сильченко Е.И. Про формування приміських зон міст Криму на прикладі м. Сімферополя**

Проведено аналіз розвитку приміської зони м. Сімферополя шляхом аналізу розміщення садово-городніх і дачних кооперативів і їхньої еволюції в період перебудови.

**Сафонов А. А. про форми й системи розселення, землекористуванні й комфортності житлового середовища**

Аналізуються шляхи реорганізації форм і систем розселення в СРСР і закордонних країнах в ХХ в. у зв'язку з науково-технічною революцією. Показано, як мінялися сфери зайнятості населення й комфортність середовища життєдіяльності в знову створених і реорганізованих поселеннях.

**Сидорова В.У Проблеми планувальної організації прибережних територій в умовах реконструкції курортів південного берега Криму**

У статті розглядаються матеріали з проблеми планувальної організації прибережних територій курортів, аналізується існуючий стан, виявлена проблема прибережних територій курортів ПБК.

**Черненко В.И., Волосович О.И., Ісаєв С.Р. Дослідження сучасних тенденцій по плануванню заміських будинків з визначенням діапазону коефіцієнта до, що виражає співвідношення підсобної площі до жилою**

Робота присвячена дослідженню сучасних тенденцій по плануванню заміських будинків.

**Шитікова В.М. Селищний парк**

Для зеленого будівництва та інженерного благоустрою території можна порекомендувати досвід планувального рішення сільського парку в степній зоні Криму смт. Гвардійське Сімферопольського району. Його водоохоронна місія, сформований фітоценоз, екологічна роль достойні поваги та вивчення. Пропонується перелік дендрологічного складу, якій підібран з інтродуцентів, маючих велику життєздатність в умовах південних степів. Мандруючи по променевим алеям, вздовж русла річки Салгір, відчуваєш величність природи, замислене багато років тому талановитими проектами.

**Барыкин А.Б., Гуляев А.С., Чемодуров В.Т. Методи нелінійного програмування в проектуванні елементів конструкцій**

Приводиться методика оптимізації параметрів тонкостінного стрижня відкритого профілю одним з методів нелінійного програмування (випадковий пошук).

Під випадковим пошуком розуміється навмисне введення елемента випадковості в алгоритм пошуку. Ця випадковість служить цілям збору інформації про поведінку об'єкта дослідження. У ряді випадків введення такого випадкового поведінки в пошук дає можливість побудувати досить прості й ефективні алгоритми випадкового пошуку, які в певних випадках перевершують регулярні (зокрема градієнтні) алгоритми пошуку.

Особливо ефективно застосування випадкового пошуку при оптимізації об'єктів з більшим числом параметрів і обмежень, тобто в завданнях оптимального проектування.

**Керимов Р.Р., Щекин В.Ю., Чемодуров В.Т. Пренение стохастического програмування в проектуванні елементів конструкцій**

Показано деякі підходи до обліку невизначеності, випадковості в значеннях параметрів у моделях прийняття рішень. Складність рішення таких завдань стохастического програмування складається в труднощі обчислення точних значень функцій мети й перевірки приналежності заданої крапки припустимій області рішень.

Завдання стохастического програмування виникають у тому випадку, коли з кожним рішенням зв'язані числові параметри, що залежать від вихідних даних і стану природи (випадкових параметрів).

рів). Для рішення таких завдань використовуються прямі й непрямі методи програмування.

У статті приводиться методика оптимізації параметрів об'єкта, рішення якого перебуває на границі області припустимих значень.

**Кириленко В.Ф., Пінчук О.О. До питання розподілу дотичних напружень у балках змінного перерізу.**

На основі загальних виразів для визначення дотичних напружень у балках прямокутного та двотаврового перерізу виконаний аналіз всіх ймовірних рішень при побудові епюр в елементах симетричного та несиметричного профілю.

**Сінцов В.П. Сінцов А.В. Про роботіві складеної дерев'яної балки зі стінкою з OSB.**

Досліджений напружено-деформірованого статок (ПДВ) елементів складеної дерев'яної балки. Приведені результати експериментальних досліджень двотаврової складеної балки й чисельних досліджень на розрахунковій комп'ютерній моделі, створений у ПК «Ліра». Представлені дані порівняльного аналізу результатів натурального й чисельного експериментів.

**Хотнянская Е.У Дослідження напружено-деформірованого стану елементів опорного блоку морської стаціонарної платформи.**

Робота присвячена питанню дослідження напружено деформованого стану елементів опорного блоку морської стаціонарної платформи, установленій в Азовському морі на Восточно - Казантипском родовищі. Розглянуто льодовий вплив на ледостойкий опорний блок. Далі опорний блок був конструктивно змінений і до нього також був прикладений льодовий вплив. Виконано розрахунок, побудовані ізополя напруг і переміщень, зроблені висновки.

**Сальник В.Г., Сви́дeрский В.А., Черняк Л.П. Развитие сыровинной базы й технологии производства санитарной керамики**

Вивчено можливість комплексного використання глинистої сировини вітчизняних і закордонних родовищ для регулювання реологических і ливарних властивостей шликерных мас. Розроблено масу для виробництва санітарної кераміки, що забезпечує інтенсифікацію формования виробів методом лиття.



**Федоркін С.І., Когай Е.О. Вплив лужного середовища портландцементу на стійкість неорганічних волокон у бетонній матриці на карбонатних заповнювачах**

Досліджена стійкість базальтових, вуглецевих, і азбестових волокон у дисперсно-армованому дрібнозернистому бетоні на карбонатних заповнювачах. Виявлено, що лужне середовище портландцементу, який гідратується, у бетоні на карбонатних заповнювачах не впливає на стійкість неорганічних волокон

**Бугаевский Г.Н., Перспективи розвитку інженерно-геодинамічних досліджень**

Розглянуто питання розвитку сейсмологічних, інженерно-сейсмічних і геодинамічних досліджень у колишньому СРСР і регіональних центрах. Відзначено доцільність експериментального й математичного вивчення стійкості будинків, споруджень, у цілому більших систем

**Сухорученко С.К., Деформаційно-прочнісні характеристики, що набухають, нижнемелових глин Кримського передгір'я (особливості змін їх під впливом техногенних факторів)**

У статті приводяться регресійні рівняння деформаційно-прочнісних характеристик для природних і природно-технічних комплексів нижнемелових глин Кримського Передгір'я під зростаючим впливом господарської діяльності людини. На основі регресійних рівнянь складені регіональні таблиці деформаційно-прочнісних характеристик для природних і природно-технічних комплексів

**Попів А.Г., Чемодуров В.Т. Методичні основи «дослідження операцій» у навчальному процесі НАПКС**

Стаття присвячується питанню про розвиток стандартних, науково обґрунтованих принципів вибору оптимальних рішень. Одним з основних таких принципів є системний аналіз, що включає в себе моделювання систем і їхнє дослідження за допомогою методів оптимізації. Актуальність даного дослідження визначається тим, що для успішного рішення завдань виробничої практики випускники академії повинні мати значний обсяг наукових знань і вмінням творчо застосовувати знання на ділі. У зв'язку із цим, у процесі підготовки студентів упор необхідно робити на пізнання принципів і основ

наук, а також методів і прийомів цілеспрямованого використання своїх знань. Тренування у використанні цих методів до рішення завдань, диктуемых практикою, дозволяє виробляти в студентів ініціативу, творчий підхід, уміння самостійно вирішувати завдання, що постійно виникають у процесі розвитку будівельної галузі.

Вивчення питань теорії й розробки будівельних споруджень, їхньої експлуатації, технічного застосування, забезпечення їхньої стійкості й довговічності й так далі ґрунтується на широкому застосуванні методів моделювання й обчислювальної техніки.

### **Дюкова Л. О., Захаров Р. Ю. Концепція підвищення екологічної стійкості паркових територій**

Встановлено класифікаційну приналежність паркових територій до природно-господарських територіальних систем; визначене першорядне завдання на шляху підвищення стійкості паркових територій і сформульована концепція підвищення екологічної стійкості паркових територій, що полягає в посиленні стабілізуючої форми антропогенного навантаження, що не приводить до виходу системи з її дійсного інваріанта, алі стабілізуючий дану стадію її розвитку.

### **Замша В. Т., Принципи безпечного освоєння еродованих територій.**

Розглядається питання забезпечення безпечного освоєння й експлуатації еродованих територій.

### **Стоянов В. У., Фридман А.В. Проблема забруднення й очищення морських акваторій від нафтопродуктів**

У статті досліджується проблема забруднення морської акваторії нафтопродуктами й оцінюється ефективність існуючий спосіб очищення морських вод від нафтопродуктів.

### **Фокіна Н. А. Нейронні мережі і їхнє застосування в прогнозуванні динаміки берегів**

Можливості, які надають на сьогодні нейронні мережі, притягнули до них велику кількість дослідників з різних галузей науки. В океанографічних дослідженнях прогнозування на основі нейронних мереж є відносно новим методом. Не дивлячись на це, існує безліч прикладів його успішного використання в цій області. У даній

статті узагальнені відомості про роботи, що описують результати використання цього методу до рішення завдань берегопереробки, а так саме приводяться основні етапи побудови й навчання нейронних мереж для моделювання деформацій поперечного берегового схилу під впливом нерегулярних штормових хвиль. Перевірка результатів проводилася шляхом порівняння відгуків нейронних мереж на параметри, що входять, із спостережуваними даними стосовно трьох ділянок Каламітської затоки.

### **Чабан В.В. Зміна рівня техногенного забруднення ґрунтів у часі в районі Сакського солоного озера**

Наведено результати оцінки рівня техногенного забруднення ґрунтів у районі Сакського солоного озера в 80-е роки минулого сторіччя й у цей час.

### **Бесфамільна Т.О., Обручева Л.В. Про захист трубопроводів зрошувальних систем від гідравлічних ударів**

Наведено основні заподій виникнення та розвитку гідравлічних ударів у закритих зрошувальних системах. Розглянуто особливості поширення ударних хвиль у розподільчих послідовно з'єднаних розподільних трубопроводах, виникнення гідравлічних ударів при відкритті гідрозасувки, розрахунку гідравлічних ударів, що супроводжуються порушенням сплошності потоку.

### **Діхтяр Т.В., Енергозберігаючі технології в системах очищення стоків промислових підприємств**

Проведене енергетичне порівняння пневматичної й пневмомеханічної аерацій. Визначені області раціонального використання пневматичної й пневмомеханічної аерацій. Показане, що при діаметрах пухирців повітря  $6-d > 8$  мм, доцільно використовувати пневмомеханічну аерацію, а при менших діаметрах пухирців повітря - пневматичну аерацію.

### **Захаров Р. Ю., Губська У. А. Перспективні напрямки підвищення рівня екологічної безпеки зрошуваних територій**

Розглянуто основні показники рівня екологічної безпеки й охарактеризувань стан екологічної обстановки регіонів зі значними площами зрошення, визначений ступінь впливу сільськогосподарської діяльності на природне середовище та методи його оцінки; розглянуті основні концепції розвитку природно-технічних систем і

перспективні напрямки підвищення рівня екологічної безпеки зрошуваних територій, насамперед інноваційний розвиток технологій; обґрунтовано, що на початковій стадії реалізації підходів, спрямованих на підвищення рівня екологічної безпеки, доцільно здійснювати конкретно-технічні заходи, наприклад, впроваджувати нові технологічні пристрої створення штучного дощу, у тому числі пневмогідравлічний пристрій (ППП).

**Кленина А.В., Луньов Д.В. Розрахунок відстаней між трубами-дренами при двостороннім регулюванні рівня ґрунтових вод**

Наведено результати теоретичних розробок академіка Аверьянова С.Ф. по питанню подачі води в сурми-дрени з метою зволоження ґрунтів. Вивчено механізм подачі води та схема розподілу напорів при подачі води в трубу-дрену. Визначено необхідні розрахункові параметри та способи їхнього знаходження. Виконано пробний розрахунок відстаней між трубами-дренами та порівняння розрахункових відстаней з відстанями на дослідно-виробничих ділянках.

**Хван В.С. Тепловлажностный режим приміщень при використанні центрально-місцевої системи кондиціонування з вентиляторними доводчиками в теплий період року.**

Розглядається питання кондиціонування офісних будинків, готелів, санаторіїв, торговельних залів супермаркетів з використанням многозональної системи кондиціонування VRV??? фірми Daikin.

**Химич А. П. Порівняння економічної ефективності сонячних електростанцій і котелень деяких типів**

До статті увійшло економічне порівняння проектів сонячних електростанцій та котелень з концентраторами сонячної енергії п'яти конфігурацій; у ході аналізу доводити можливість комерційного застосування промислових сонячних установок в Україні й обирається оптимальна конфігурація проекту.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>РАЗДЕЛ 1. Архитектура</b> .....                                                                                                                                                                                    | 3  |
| <i>Гадомская А.В., Танаков В.В.</i> Особенности формирования многофункциональных молодёжных центров в больших приморских городах .....                                                                                | 3  |
| <i>Сафонов А.А., Сильченко Е.И.</i> О формировании пригородных зон городов Крыма на примере г. Симферополя.....                                                                                                       | 10 |
| <i>Сафонов А.А.</i> О формах и системах расселения, землепользовании и комфортности жилой среды.....                                                                                                                  | 15 |
| <i>Сидорова В.В.</i> Проблемы планировочной организации прибрежных территорий в условиях реконструкции курортов южного берега Крыма.....                                                                              | 22 |
| <i>Черненко В.И., Волосович О.И., Исаев С.Р.</i> Исследование современных тенденций по планировке загородных домов с определением диапазона коэффициента $k$ , выражающего соотношение подсобной площади к жилой..... | 30 |
| <i>Шитікова В.М.</i> Сельский парк.....                                                                                                                                                                               | 37 |
| <b>РАЗДЕЛ 2. Строительные конструкции, здания и сооружения</b> .....                                                                                                                                                  | 45 |
| <i>Барыкин А.Б., Гуляев А.С.</i> Методы нелинейного программирования в проектировании элементов конструкций.....                                                                                                      | 45 |
| <i>Керимов Р.Р., Щекин В.Ю.</i> Пренение стохастического программирования в проектировании элементов конструкций.....                                                                                                 | 52 |
| <i>Кириленко В.Ф., Пинчук Е.А.</i> К вопросу распределения касательных напряжений в балках переменной высоты.....                                                                                                     | 59 |
| <i>Синцов В.П., Синцов А.В.</i> О работе составной деревянной балки со стенкой из OSB. ....                                                                                                                           | 68 |
| <i>Хотнянская Е.В.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния элементов опорного блока морской стационарной платформы. ....                                                                               | 75 |

|                                                                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>РАЗДЕЛ 3. Строительные материалы и изделия .....</b>                                                                                                                                | <b>79</b>  |
| <i>Сальник В.Г., Свицерский В.А., Черняк Л.П.</i> Развитие сырьевой базы и технологии производства санитарной керамики.....                                                            | 79         |
| <i>Федоркин С.И., Когай Э.А.</i> Влияние щелочной среды портландцемента на стойкость неорганических волокон в бетонной матрице на карбонатных заполнителях.....                        | 89         |
| <b>РАЗДЕЛ 4. Основания и фундаменты, механика и сейсмостойкость.....</b>                                                                                                               | <b>93</b>  |
| <i>Бугаевский Г.Н.</i> Перспективы развития инженерно-геодинамических исследований.....                                                                                                | 93         |
| <i>Сухорученко С.К.</i> Деформационно-прочностные и набухающие характеристики нижнемеловых глин крымского предгорья (особенности изменений их под влиянием техногенных факторов) ..... | 103        |
| <b>РАЗДЕЛ 5. Технология промышленного и гражданского строительства.....</b>                                                                                                            | <b>114</b> |
| <i>Попов А.Г., Чемодуров В.Т.</i> Методические основы «исследования операций» в учебном процессе НАПКС.....                                                                            | 114        |
| <b>РАЗДЕЛ 6. Техногенная безопасность.....</b>                                                                                                                                         | <b>122</b> |
| <i>Дюкова Л. А., Захаров Р. Ю.</i> Концепция повышения экологической устойчивости парковых территорий.....                                                                             | 122        |
| <i>Замша В. Т.</i> Принципы безопасного освоения эродированных территорий. ....                                                                                                        | 128        |
| <i>Стоянов В. У., Фридман А.В.</i> Проблема загрязнения и очистки морских акваторий от нефтепродуктов.....                                                                             | 133        |
| <i>Фокина Н. А.</i> Нейронные сети и их применение в прогнозировании динамики берегов.....                                                                                             | 139        |
| <i>Чабан В.В.</i> Изменение уровня техногенного загрязнения почв во времени в районе Сакского соленого озера.....                                                                      | 148        |
| <b>РАЗДЕЛ 7. Водообеспечение и водоотведение, гидромелиорация, теплоснабжение и энергетика.....</b>                                                                                    | <b>154</b> |
| <i>Бесфамильная Т. О., Обручева Л.В.</i> О защите трубопроводов оросительных систем от гидравлических ударов.....                                                                      | 154        |

|                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Дихтярь Т.В.</i> Энергосберегающие технологии в системах очистки стоков промышленных предприятий.....                                                                | 161 |
| <i>Захаров Р. Ю., Губская У. А.</i> Перспективные направления повышения уровня экологической безопасности орошаемых территорий.....                                     | 166 |
| <i>Кленина А.В., Лунев Д.В.</i> Расчет расстояний между трубами-дренами при двустороннем регулировании уровня грунтовых вод.....                                        | 176 |
| <i>Хван В.С.</i> Тепловлажностный режим помещений при использовании центрально-местной системы кондиционирования с вентиляторными доводчиками в теплый период года..... | 182 |
| <i>Химич А. П.</i> Сравнение экономической эффективности солнечных электростанций и котельных некоторых типов.....                                                      | 187 |
| <b>АННОТАЦИИ</b>                                                                                                                                                        | 198 |

Отпечатано с оригинал-макетов заказчика  
в типографии ФЛП Бражниковой Н.А.  
г. Симферополь, ул. Декабристов, 21, оф 105  
Тел. (0652) 70-63-31, 050-648-89-34  
e-mail: braznikov@mail.ru