

## **ПОДМОДЕЛИ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНОГО ТЕРМОУПРУГОГО ТЕЛА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАССЛОЕНИЯ ПРИ 3D-ПЕЧАТИ**

Ю.А.Чиркунов, д-р физ-мат. наук, зав. кафедрой ВМ  
Е.О.Пикмуллина, научный сотрудник НИЛ МММСС,  
И.И.Гасенко, студент магистратуры ИС

(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

Наиболее острым вопросом при 3D-печати ограждающих конструкций зданий и сооружений является расслоение напечатанного массива. Понимание физических процессов термоупругого деформирования материала печати в процессе его остывания и созревания становится центральным вопросом развития технологии.

Трехмерная динамическая модель термоупругой трансверсально – изотропной среды используется для описания термоупругого деформирования материалов, обладающих анизотропией упругих свойств с выделенным направлением анизотропии. Такими материалами являются слоистые и композитные материалы, применяемые в строительстве, машиностроении, авиастроении и кораблестроении. Эта модель исследуется методами группового анализа, который является одним из самых мощных и эффективных инструментов получения точных решений. Выполнено групповое расслоение системы дифференциальных уравнений второго порядка, задающей эту модель. Получена система дифференциальных уравнений первого порядка, которая эквивалентна уравнениям исходной модели. Выполнена классификация по признаку подобия всех инвариантных и частично инвариантных решений полученной системы первого порядка, а, следовательно, и всех подмоделей исходной модели. Для некоторых инвариантных

подмоделей ранга 1 найдены точные решения, указан их физический смысл.

Численными методами получены графики, характеризующие изменения формы выделенных в термоупругой трансверсально – изотропной среде замкнутых поверхностей в результате их деформации под действием найденных перемещений. Существенная деформация сферы и куба в некоторых подмоделях говорит о высокой вероятности появления трещин в материале, которые могут привести даже к разрушению объекта, выполненного из этого материала.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОРСКИХ ВОЛН НА РАЗРУШЕНИЕ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ МЕЛКОЙ ВОДЫ С НАКЛОННЫМ ДНОМ.**

Ю.А. Чиркунов, д-р физ-мат. наук, зав. кафедрой ВМ  
Е.О. Пикмуллина, м.н.с. лаборатории математических  
моделей механики сплошной среды  
В.В. Молодин, д-р техн. наук, зав. кафедрой ТОС  
(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

Острая потребность восстановления разрушенных коррозией портовых железобетонных сооружений, особенно в северных акваториях Тихого океана, нуждается в понимании происходящих при этом физических процессов. Разрушительное воздействие карбонизации, хлоридной и сульфатной агрессий, являющихся основными факторами потери бетоном, эксплуатирующимся в контакте с морской водой, потребительских свойств, усугубляется динамическим воздействием воды на поверхность бетонных конструкций. Такое воздействие возможно описать и проанализировать используя метод группового анализа нелинейных дифференциальных уравнений.

Модель мелкой воды описывается нелинейной системой дифференциальных уравнений гиперболического типа. Она описывает течение несжимаемой жидкости в областях, горизонтальные размеры которых преобладают над глубиной. Эта модель всё чаще используют для проведения технических экспертиз на этапе проектирования гидросооружений, для оценки экологических последствий различных негативных процессов, возможных чрезвычайных событий и аварий, для кадастровых работ.

Данная работа посвящена групповому анализу системы дифференциальных уравнений, описывающих, в рамках одномерной модели мелкой воды, распространение поверхностных волн над прямолинейным дном, параметром которого является угловой коэффициент наклона дна, который порождается уравнениями одномерной модели мелкой воды с горизонтальным дном. Методом  $A$ -операторов установлено, что эта система имеет бесконечное множество нетривиальных законов сохранения нулевого порядка, порождаемых системой линейных дифференциальных уравнений. К этой же линейной системе в результате специального выбора преобразования годографа приведена и сама система уравнений одномерной модели мелкой воды с горизонтальным дном. Выполнен групповой анализ рассматриваемых систем. Получено бесконечное множество невырожденных решений уравнений одномерной модели мелкой воды с прямолинейным дном. Найдены некоторые невырожденные и все вырожденные решения этих уравнений.

## **ПОВЫШЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КЛЕЕНЫХ БАЛОК**

Немчикова Лариса Александровна, к.т.н, доцент  
кафедры ТОС НГАСУ (Сибстрин)

В процессе эксплуатации клееных балок по натурным обследованиям и проведенным испытаниям подтверждено, что разрушение таких конструкций отмечается именно за счет скалывания на опорах. Это происходит из-за высоких значений касательных напряжений в опорных зонах балок и связи с максимальными перерезывающими силами по сравнению с арками такого же пролета.

Решение этой проблемы предлагалось путем использования нагелей, болтов, накладок, либо путем армирования арматурной сталью еще в 20 веке. Но это связано с достаточно высокими трудозатратами и стоимостью.

В настоящее время на рынке присутствуют эффективные материалы, позволяющие значительно упростить процесс ремонтных работ.

В комплекс ремонтно-восстановительных мероприятий предлагается включить использование композитных материалов. Из экспериментальных исследований и попыток применения на практике можно выделить следующий наиболее эффективный способ: наклеивание на полимерные смеси стеклохолста. Однако здесь еще требуется продолжить исследовательскую работу.

Предполагается, что предложенная технология существенно сократит трудозатраты на устранение возникающих дефектов и разрушений в сравнении с технологиями, использующими традиционные методы при ремонте и реконструкции клееных балок.

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДМОДЕЛЕЙ НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗИМНЕМ БЕТОНИРОВАНИИ ПРОТЯЖЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В.В. Молодин, д-р техн. наук, зав. кафедрой ТОС

Ю.А. Чиркунов, д-р физ-мат. наук, зав. кафедрой ВМ  
(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

Решения нелинейных дифференциальных уравнений точно описывают нелинейные природные процессы. Но, существует трудность отыскания необходимых решений. Одно из направлений поиска – симметричный анализ. Использование свойств симметрии позволяет правильно моделировать явления и классифицировать подмодели. Симметричный (групповой) анализ уравнений моделей физики и механики сплошных сред – один из наиболее эффективных способов получения количественных и качественных характеристик физических процессов, в том числе для решения задач зимнего бетонирования.

В процессе бетонирования строительных конструкций в условиях отрицательных температур приходится использовать электроэнергию. В случае неточного моделирования перерасход энергии становится значительным и влечет увеличение затрат.

Полученные подмодели нелинейного дифференциального уравнения теплопроводности позволяют точно моделировать тепловые процессы в бетоне конструкций твердеющих на морозе и их прочность, экономя при этом до 30% электроэнергии.

## **СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ ПОЛИСТИРОЛБЕТОНОМ**

В.В. Молодин, д-р техн. наук, зав. кафедрой ТОС  
И.И. Гасенко, студент магистратуры ИС  
(НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск)

Требуемые логикой развития общества темпы жилищного строительства являются неудовлетворительными. Идет поиск технологий, обеспечивающих быстрое и малотрудоёмкое строительство. Одно из них 3-печать.

Существующие технологии строительной 3D-печати направлены на аддитивное формирование несъёмной опалубки ограждающей конструкции из различных материалов с последующим заполнением её утеплителем и конструкционным бетоном. Трудоёмкость опалубочных работ при бетонировании стен не превышает 30÷40% общей трудоёмкости процесса. Оставшиеся 60÷70% приходятся на традиционные, «ручные» операции.

3D- печать одностадийным полистиролбетоном, когда вспенивание гранул суспензионного полистирола происходит непосредственно в цементно-песчаном растворе, подвергающемся форсированному электроразогреву в печатающей головке 3D-принтера позволяет формировать утеплённую стену 100% роботизировано.

Предложенная технология позволяет до минимума сократить трудозатраты при возведении стен и быстро получать ограждающие конструкции заданной прочности и теплопроводности.

## **ТЕХНОЛОГИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ РЕМОНТНОГО БЕТОНА С БЕТОНОМ, ПОДВЕРГШИМСЯ КОРРОЗИИ**

В.В. Молодин д-р техн. наук, зав кафедрой ТОС

Д.С.Новиков студент магистратуры ИС

И.В.Отт студент специалитета ИС

(НГАСУ (Сибстрин) г.Новосибирск)

При длительной эксплуатации железобетонных конструкций в условиях агрессивной среды происходит разрушение поверхности бетона и защитного слоя арматуры, ведущих к отказу их работоспособности. При восстановлении конструкций в реальных построечных условиях, при хорошем качестве бетона восстановления, его сцепление с восстанавливаемой конструкцией зачастую не обеспечивается.

В результате исследований глубины и характера коррозии предложено, используя поток жидкой фазы из бетонной смеси вглубь восстанавливаемого бетона, возникающий под действием разницы парциального давления, вызванного перепадом температур при форсированном разогреве уложенной смеси, пропитать разрушенный слой, достигнув неразрушенных структур «старого» бетона и «сшить» его с «новым» кристаллическими новообразованиями.

Проведённые исследования подтвердили правильность предположения. Сцепление при укладке смеси бетона восстановления с форсированным электроразогревом позволило увеличить сцепление в 1,33 раза и обеспечить монолитность конструкции.



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛОВ В ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

В.В. Иконников, ст. преподаватель

А.В. Иконникова, канд. экон. наук

НГАСУ (Сибстрин), НОВОСИБИРСК

Если рассматривать процессы проектирования и реализации инвестиционного проекта с системной позиции, то развертывание любой системы идет по трем направлениям – дробление системы, усложнение одного системного уровня (включение дополнительных элементов, дифференциация элементов), переход в надсистему. Повышение идеальности системы в процессе развития осуществляется на первых этапах путем развертывания, т.е. увеличения количества и качества выполняемых полезных функций за счет усложнения системы, а на последующих этапах – за счет свертывания – упрощения системы при сохранении или дальнейшем увеличении количества и качества полезных функций.

1. Дробление системы. Численность рабочих (количество звеньев) для выполнения конкретной работы, поручаемой бригаде по календарному графику, может колебаться в достаточно широком диапазоне и в основном ограничивается двумя значениями - минимальным и максимальным. Данный компонент может рассматриваться с позиции фрактальной геометрии. Определение фрактала, данное Мандельбротом, звучит так: «Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому».

2. Усложнение одного системного уровня В строительстве производится укрупнение работ: земляные работы, монтаж коробки здания, отделочные работы и пр. При этом элементы снова собираются в фракталы, имея в своей структуре те же первичные элементы.

3. Переход в надсистему, то есть, возведя один комплекс объектов, строительная организация переходит к следующему – появляется фрактал, повторяющийся для любой строительной организации и задача управления сводится уже к управлению этими фракталами.

## **МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ В ПРОЕКТАХ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАСТРОЙКИ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Анашкина Любовь Александровна  
ст. преподаватель  
НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск

Монолитное домостроение имеет ряд преимуществ: срок службы зданий и сооружений из монолитного железобетона составляет порядка 100-150 лет, а конструктивные особенности материала дают возможность выдержать землетрясение силой до 9 баллов; более высокая конструктивная жесткость и прочность зданий и сооружений; индивидуальность фасада каждого здания; снижение расхода материалов (бетона и стали) за счет более полного использования преимуществ неразрезных систем; отсутствие стыков конструкций; менее жесткая унификация объемно-планировочных параметров зданий, сооружений и отдельных конструкций; снижение затрат на создание базы по производству конструкций и материалов и ускорение начала работ по возведению основных конструкций; скорость монолитного домостроения уже не уступает сборному железобетону и др.

Под методами организации работ понимают системы увязки работ во времени и пространстве, системы поставки и использования ресурсов, которые различаются по классификационным признакам. Выделяют следующие методы организации работ: основные – последовательный, параллельный, поточный; смешанные: параллельно-последовательный, параллельно-поточный; а также – узловой, целью которого является комплексное выполнение строительно-монтажных работ (СМР) и ввод в действие мощностей в предельно короткие сроки при высоких технико-экономических результатах строительных и монтажных подразделений, принимающих участие в осуществлении проекта.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ УСТРОЙСТВА ПОДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ТОННЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАЛЬНОГО ШПУНТА**

А.Н. Гайдо, д.т.н., доцент, декан строительного факультета

(СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург)

Установлено, что существующие способы устройства подземных тоннелей мелкого заложения являются дорогостоящими за счет применения горнопроходческих щитов, а при производстве работ в открытых котлованах приводят к полной остановке движения автотранспорта на длительный срок, свыше 3–4 месяцев.

Для решения этой проблемы обоснованы и предложены технологические параметры устройства тоннелей, позволяющие сократить сроки полной остановки движения автотранспорта и обеспечить достаточное качество и устойчивость возводимых конструкций. Суть новых предложений заключается в следующем:

- ограждения тоннеля выполняют из стального шпунта, что сокращает сроки строительства. Его используют как несущие конструкции, на которые через балки опирают монолитное перекрытие ;
- работы ведут по захваткам, ширину которых принимают равной ширине возводимого тоннеля, а длину — равной соответствующей ширине полосы движения. Это позволяет на период производства работ перекрывать движение автотранспорта частично, только в одном направлении;
- грунт извлекают за пределами дороги с торцевых участков будущих лестничных сходов.

Стоимость реализации предлагаемого технологического решения на 3,57 % меньше стоимости варианта производства работ в открытом котловане. Оно позволяет отказаться от полной остановки движения автотранспорта. Частичное

ограничение движения по отдельной полосе происходит всего на 46 дней.

# **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

М.Н. Шадрина, канд. техн. наук, доцент кафедры  
технологии и организации строительства,

Т.В. Беджаниян, АО «Сибгидромехстрой», инженер ПТО

(Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск)

Кайлинское месторождение - комплексное месторождение  
нерудных строительных материалов (НСМ), особенностью  
которого является повышенное содержание глинистых фракций  
в составе грунта.

Целью исследований является разработка и обоснование  
физической и математической модели гидромеханизированной  
системы, обеспечивающей эффективное добычу НСМ с  
извлечением сопутствующих запасов каолиновых глин,  
имеющих коммерческую ценность.

Разработан метод решения актуальной задачи извлечения  
каолиновых глин из состава нерудных строительных материалов  
при разработке месторождения гидромеханизированным  
способом.

Авторами обоснована расчетная схема гидротранспортной  
системы, определен режим транспортирования гидросмеси по  
горизонтальному и вертикальному трубопроводам, определены  
критические скорости гидросмеси для заданной концентрации,  
установлены параметры трубопроводной сети и требуемые  
характеристики грунтового насоса и эжекторной установки.

# **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАРУБЕЖОМ, ПРИМЕНЕНИЕ КОТОРЫХ МОЖЕТ СТАБИЛИЗИРОВАТЬ СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ В РОССИИ**

О.А. Легостаева к.т.н, доцент

В. Д. Широкова магистрант

А.Ю. Широков магистрант

(СГУПС, Новосибирск)

Большая часть проблем в строительстве, как показывает практика, берет свое начало не в технических причинах, а в вопросах управления.

По мнению российских Застройщиков и Проектировщиков одними из основных проблем 2021 года в отрасли были недостаток квалифицированных кадров, задержки сроков выполнения работ и низкое их качество.

Одним из возможных способов решения первой проблемы могло бы стать применение опыта некоторых стран Европы и Америки, института Ассоциаций в строительстве. Они существуют за счет отчислений строительных фирм и помимо того, что разрабатывают и издают различные нормативные документы, инструкции и положения еще и пропагандируют передовой опыт, организуют семинары и курсы по повышению квалификации разных категорий работников. Например, в Америке обучение квалифицированного рабочего занимает 4-5 лет, вначале - курсы, а затем практика на рабочем месте. В нашей стране эту функцию вполне могли бы взять на себя Саморегулируемые организации в строительстве (СРО).

Организационные риски несвоевременного выполнения работ очень часто возникают из-за

некомпетентного управления проектом и работами на строительной площадке, задержек в информировании бригад и т.п.

Эта проблема в большинстве случаев на прямую связана с использованием той или иной организационной формы управления строительством, среди которых в зарубежных странах особенно распространены следующие формы: «проектирование-строительство», «управление строительством» и «управление проектом». Например, в Корейских строительных компаний правительство разработало новую стратегию, ориентированную на выполнение проектов по организационной форме «под ключ» с полной ответственностью единого исполнителя. В этом случае владелец, проектировщик и строитель действуют как единый генподрядчик, управляющий проектированием и строительством.

В свою очередь это вызывает постепенный рост удельного веса служащих (25% в настоящее время), из-за усложнения проектов. Причем наименование должностного положения ИТР значительно отличается в различных фирмах: ассистент суперинтенданта - суперинтенданта - генеральный интендант, а руководящие работники аппарата управления; проект-инженер ассистент проект-менеджера проект-менеджер. Для того, чтобы стать эффективным проект-менеджером, необходимо строительное образование и 5-7 лет опыта работы.

Суперинтенданта - линейный работник, аналог отечественному понятию прораб, начальник участка). К нему прикрепляется проект-менеджер и административный менеджер, которые работают под его руководством, обеспечивая услугами по профилю своих служб. Проект-менеджер имеет дело с аппаратом головного офиса, клиентами и по принципиальным вопросам с субподрядчиками.

Такой способ организации системы управления строительством является одним из самых эффективных, так

как проект – менеджер заинтересован в соблюдении сроков выполнения работ и экономии ресурсов, получая за это вознаграждение в виде части прибыли.



## **ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УСКОРЕНИЯ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ**

**Г.А. Непонящев, старший преподаватель**

**М.М.Титов, д.т.н., профессор**

**НГАСУ (СИБСТРИН), г. Новосибирск**

Основной задачей проводимых исследований является определение наиболее эффективного метода и режима активации водных суспензий на основе цементов посредством использования электрофизических воздействий, позволяющих повысить эффективность применения цементов в строительной сфере и в результате сократить сроки набора прочности бетонов и растворов, применяемых на строительных площадках всего мира.

В настоящее время электроимпульсные технологии являются достаточно интересным и потенциально перспективным направлением развития технологий производства и совершенствования свойств известных материалов. Вписываются в общую концепцию мирового прогресса.

Исследованиям в этом направлении занимались такие ученые как Юткин Л.А., Курец В. И., Сафронов В.Н. и др. Данный способ позволяет комплексно влиять на процессы гидратации и структурообразования цементного камня, позволяя повысить количество цементного зерна вступившего в реакцию гидратации.

В результате поисковых исследований были выделены 2 наиболее перспективных вида электрофизического воздействия: электроимпульсная технология и электрополяризационная.

Экспериментальные данные показывают высокую эффективность применения данных способов совершенствования свойств изделий на основе бетонов. Однако, данные методы имеют свои недостатки, одним из основных является сложность внедрения в существующие технологические линии РБУ и пр.. Наиболее рациональным к применению является использование электрополяризационной обработки.