

НАПРАВЛЕНИЕ 2

Разработка, исследование и совершенствование методов расчета конструкций и сооружений (Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Э. Фахрутдинов)

Кафедра Железобетонных и каменных конструкций

Председатель Ил.Т. Мирсаяпов
Зам. председателя А.Б. Антаков
Секретарь О.В. Радайкин

ПЕРВОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12 апреля, 9.00, ауд. 4-201

1. Ил.Т. Мирсаяпов. Современная теория выносливости железобетонных конструкций.

В теории железобетона собственная теория выносливости железобетонных конструкций никогда не разрабатывалась. Для оценки выносливости применялась классическая теория выносливости, основанная на упругом расчете, не способная учитывать специфику работы железобетона. При систематических повторных нагрузках происходит не только снижение длительной прочности бетона и арматуры до их пределов выносливости, а происходит также интенсификация ползучести бетона, т.е. развиваются деформации виброползучести. В результате при циклических нагрузках происходит непрерывное накопление остаточных необратимых деформаций в бетоне. В связи с тем, что железобетонный элемент является внутренне статически неопределимой системой, деформации виброползучести развиваются в стесненных условиях. А это вызывает возникновение и накопление в бетоне и арматуре остаточных напряжений. При этом текущие напряжения определяются как сумма начальных и дополнительных напряжений. Изменяются также и коэффициенты асимметрии цикла напряжений, это в свою очередь, приводит к изменению пределов выносливости.

В таких условиях, когда непрерывно меняются и напряжения и пределы выносливости, наиболее рациональным является оценка состояния конструкций при циклическом нагружении, через проверку условий выносливости, которые в обобщенном виде представляем как $\sigma_i^{\max}(t) < R_{i,rep}$, где $\sigma_i^{\max}(t)$ – текущие напряжения (в бетоне или арматуре), в зависимости от формы усталостного разрушения либо в каком-то локальном объеме либо в каком-то усредненном массиве; $R_{i,rep}$ – пределы выносливости бетона или арматуры.

2. Ил.Т. Мирсаяпов. Научные основы теории выносливости нормальных сечений.

В зоне чистого изгиба балок, во 2-ой стадии НДС, после образования нормальных трещин усталостное разрушение может происходить либо в результате усталостного разрушения сжатой зоны над трещиной, либо в результате усталостного разрыва продольной арматуры. Как только бетон сжатой зоны или продольная арматура устанет, то наступает 3-я стадии НДС и происходит усталостное разрушение конструкции в целом. Для предотвращения наступления 3-й стадии НДС необходимо в бетоне и арматуре определять максимальные напряжения и ограничивать их пределами выносливости бетона или арматуры. В связи с этим для обеспечения выносливости нормального сечения необходимо соблюдение двух условий выносливости, соответственно, для сжатого бетона и продольной рабочей арматуры $\sigma_b^{\max}(t) \leq R_{b,rep}(t)$ и $\sigma_s^{\max}(t) \leq R_{s,rep}(t)$.

3. Ил.Т. Мирсаяпов. Научные основы теории выносливости железобетонных конструкций при совместном действии изгибающих моментов и поперечных сил.

В балках в зоне действия поперечных сил, в 3 стадии НДС, после образования нормальных и наклонных трещин, эта зона разделяется на отдельные блоки. Дальнейшая работа балки как конструкции возможна только благодаря связям между ними, роль которых выполняют бетон сжатой зоны, поперечная арматура и продольная арматура. Как только хотя бы одна из перечисленных связей устанет, то наступает 4-я стадии НДС и происходит усталостное разрушение этой связи и конструкции в целом. Поэтому мы должны проектировать так, чтобы не наступала 4 стадия НДС, т.е. обеспечивать выносливостью перечисленных связей, а следовательно и конструкции. Для этого необходимо в этих связях определять максимальные напряжения и ограничивать их пределами выносливости бетона или арматуры.

В этой зоне после образования критической наклонной трещины усталостное разрушение может происходить либо в результате усталостного разрушения сжатой зоны над критической наклонной трещиной, либо в результате усталостного разрыва поперечной арматуры, либо в

результате усталостного разрыва продольной арматуры в месте пересечения с критической наклонной трещиной, либо в результате нарушения анкеровки продольной арматуры. В связи с этим для обеспечения выносливости наклонного сечения необходимо соблюдение четырех условий выносливости, соответственно, для сжатого бетона, поперечной арматуры, продольной арматуры и анкеровки продольной арматуры $\sigma_{1C}^{\max}(t) \leq R_{b,rep}^{loc}(t)$, $\sigma_{sw,\alpha}^{\max}(t) \leq R_{sw,rep}(t)$, $\sigma_{sq}^{\max}(t) \leq R_{sq,rep}(t)$, $\sigma_s^{\max}(t) \leq R_{an,rep}(t)$.

4. А.Б. Антаков. Построение диаграммной методики расчета каменных и армокаменных конструкций.

На современном этапе развития строительной науки широко внедряются в практику проектирования диаграммные методы, повышающие достоверность результатов и позволяют оценить напряженно-деформированное состояние. Технически получение экспериментальных диаграмм деформирования каменных кладок возможно с использованием положений ГОСТ32047-2012, однако многообразие номенклатуры современных каменных изделий, широта диапазонов прочностных и деформативных свойств составляющих кладку материалов с учетом конструктивных особенностей создают бесконечное множество сочетаний. Методики аналитического построения диаграмм деформирования каменных кладок в отечественной литературе и доступных зарубежных источниках построены на эмпирических зависимостях, не имеющих теоретической основы, и дающих значительные отклонения до 140% от экспериментальных данных.

Разработана диаграммная методика расчета каменных кладок, в том числе с сетчатым армированием и усилением обоями различных видов, позволяющая выполнять оценку НДС конструкций и элементов в диапазоне значений внешних усилий от 0 до разрушающих N_{ult} .

5. А.Б. Антаков. Результаты исследований каменных кладок, армированных композитными сетками.

Исследования выполнены в рамках сертификационных испытаний композитных сеток по заказу ООО «КомАР» (г. Саранул), выпускаемых по ТУ2296-002-24488682-2016, и являются продолжением работ в области изучения влияния сетчатого армирования постельных швов каменных кладок на прочность и трещиностойкость конструкций. Целью работы является опытная оценка эффективности композитных сеток «КомАР» при использовании в качестве кладочных и получение необходимых, учитываемых при расчетах характеристик.

Разработаны программы для четырех этапов исследований:

- испытания опытных образцов, армированных сетками различных видов, на сжатие;
- оценка жесткости простенков из двухслойной кладки при действии ветровых нагрузок;
- вырыв сеток из растворных швов;
- испытания образцов двухслойных стен при действии температурно-влажностных воздействий.

Изготовлены и испытаны опытные образцы первых трех этапов. Получены результаты, представляющие научную новизну и практическую значимость.

6. А.Б. Антаков. Опыт применения систем внешнего армирования композитными материалами при усилении строительных конструкций, зданий и сооружений.

Существует множество способов усиления строительных конструкций с использованием традиционных строительных материалов: стали, бетона, железобетона. Появление и широкое внедрение композитных материалов позволяет значительно расширить диапазон возможностей, реализуемых в ходе усиления. С учетом опыта внедрения и использования систем внешнего армирования на объектах Республики Татарстан и Поволжья проведен анализ факторов, оказывающих влияние на выбор того или иного варианта, сформулированы критерии эффективности, определены направления дальнейшего развития в части совершенствования как собственно материалов, так и методов расчета.

7. Ф.Х. Ахметзянов, О.В. Радайкин. Начальные дефекты (повреждаемость) цементного камня.

Характерная особенность твердения дисперсной системы в виде портландцементного клинкера в смеси с водой – это возникновение пор, капилляров, усадочных субмикро- и микротрещин. Эти дефекты снижают сопротивляемость материала строительных элементов, используемых в массовом строительстве зданий и сооружений, а также сокращают межремонтный срок службы и эксплуатационный ресурс бетонных и железобетонных элементов. Целью данной работы является оценка влияния упомянутых дефектов, образуемых при этом нарушениях сплошности структуры кристаллитов (зёрен), микрообъемов цементного камня на эффективные

напряжения, псевдодеформативность, скорости деформаций, вероятность отказа и время безотказной работы удельных объёмов цементного камня под механической нагрузкой в строительных элементах из бетона и железобетона. При этом учитывается капиллярное, кристаллизационное и адсорбционное давление.

8. **Н.Г. Палагин.** Проектирование зданий из монолитного железобетона.

Рассматривается весь спектр вопросов, связанных с проектированием зданий из монолитного железобетона высотой до 75 м и свыше 75 м, приведенных в действующих нормах. А именно, приведены требования и рекомендации при выборе конструктивного решения зданий, параметров их несущих элементов и материалов, рассмотрены действующие на них нагрузки и воздействия и правила их определения, нормативные требования к расчету, в т.ч. к расчету на прогрессирующее обрушение, требования и рекомендации при конструировании.

Приведены требования к составу расчетной и графической части ВКР и ДП, выполняемых дипломниками КГАСУ. Представлены чертежи расчетно-конструктивного раздела реальных ВКР и ДП дипломников КГАСУ, выполненных в соответствии с вышеизложенным.

Представленный материал будет оформлен в виде учебного пособия, предназначенного для выполнения дипломного проектирования студентами направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиля «ПГС» и студентами специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений» всех форм обучения.

9. **О.В. Радайкин.** Применение деформационного критерия повреждаемости для построения диаграмм деформирования бетона при одноосном кратковременном растяжении и сжатии.

Впервые использовать положения теории накопления повреждений к расчёту бетонных и железобетонных конструкций было предложено Ахметзяновым Ф.Х. в начале 90-х гг. прошлого века. В данной работе в развитие этого подхода разработаны новые выражения для описания диаграмм деформирования бетона при одноосном кратковременном растяжении и сжатии с использованием положений теории накопления повреждений, относящейся к перспективному направлению для описания процессов разрушения строительных материалов и конструкций из них, это достигнуто введением в зависимости « σ - ϵ » деформационного критерия повреждаемости. Проведена проверка достоверности получаемых по диаграммному методу с использованием предложенных диаграмм результатов на примере изгибаемых бетонных и железобетонных элементов. Для этого выполнено сравнение моментов трещинообразования $M_{\text{тр}}$ и разрушающих моментов M_{ult} , вычисленных по методике СНиП 2.30.01–84*, принятой за эталонную, и по предлагаемому подходу.

10. **О.В. Радайкин.** К оценке влияния псевдопластических деформаций на момент трещинообразования изгибаемых железобетонных элементов.

При нормативном расчёте момента трещинообразования изгибаемых железобетонных элементов используется коэффициент пластичности γ , который по СП 63.13330.2012 на 35% меньше, чем по «старому» СНиП 2.03.01-84*. Возникает вопрос, чем вызвана такая заметная разница и какая из методик даёт более достоверные результаты? Данная статья направлена на поиск ответа на поставленный вопрос. Для этого подробно рассмотрен физический смысл коэффициента γ с привлечением «двухслойной» нелинейной деформационной модели нормального сечения. Получена расчётная формула для γ в зависимости от степени армирования элемента, справедливая для бетонов обычных классов В15-В60. Проведено сравнение расчётного момента трещинообразования по предложенной методике с экспериментами других авторов. Установлено хорошее совпадение результатов.

11. **И.А. Антаков.** Исследование напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов, армированных композитной полимерной арматурой.

В 1941 г. советским ученым Буровым А.К. была сформулирована идея использования стеклянного волокна для армирования бетонных конструкций. Тем не менее, широкого распространения композитная полимерная арматура в строительстве не имеет, что обусловлено особенностями физико-механических свойств. По сравнению со сталью композитная арматура обладает большим сопротивлением растяжению, малым удельным весом, высокой коррозионной стойкостью, низким модулем упругости, диаграмма «напряжения – деформации» практически прямолинейна вплоть до разрушения. Соответственно работа изгибаемых элементов с данной арматурой под нагрузкой имеет ряд принципиально иных от железобетона особенностей. Проведенные исследования выявили ряд характерных отличий: диаграммы для балок «изгибающий момент – прогиб» под нагрузкой характеризуются, преимущественно, линейными зависимостями; прогибы в 3-4 раза выше, чем у железобетонных аналогов, с большей шириной

раскрытия трещин. Высота сжатой зоны в нормальном сечении значительно уменьшается после появления трещин и затем остается практически постоянной вплоть до разрушения, которое носит хрупкий характер.

12. В.В. Павлов, О.В. Радайкин, Е.В. Хорьков. К разработке методики расчета каменных сводчатых перекрытий с применением нелинейно–деформационной модели.

Анализ существующих аналитических методов к определению прочности кладки показал, что они пригодны к плоским конструкциям (стены и столбы) и малопригодны к криволинейным конструкциям (своды, арки, купол).

Разработана методика расчета усиленных и не усиленных каменных арок с использованием нелинейной деформационной модели, и диаграмм состояния материалов типа « σ - ϵ » и « τ - γ », в основу которой лег аналог методики расчета ж/б стержневых элементов диаграммным методом.

В существующую методику были внесены коррективы, которые учитывают специфические условия работы арок как распорных систем при действии разрушающих факторов, а также свойства кладочной структуры арок.

Полученная методика была верифицирована по результатам расчета гомогенных и гетерогенных моделей арок в ПК ЛИРА-САПР с учетом различных варьируемых параметров.

Установлено, что предлагаемая методика расчета дает близкое совпадение расчетных и опытных данных.

13. О.В. Радайкин, Л.А. Шарафутдинов. Экспериментальные и численные исследования усиления изгибаемых железобетонных элементов сталефибробетонной «рубашкой».

На сегодняшний день нормативная методика расчёта усиления сталефибробетонной (СФБ) «рубашкой» изгибаемых железобетонных элементов отсутствует. Для её разработки на первом этапе был проведен численный эксперимент и натурное испытание железобетонных балок из нового бетона, усиленных СФБ «рубашкой». Получены экспериментальные результаты оценки прочности, жёсткости, трещиностойкости, а также характер разрушения с картиной развития трещин для рассмотренных 4 образцов (двух с «рубашкой» усиления, двух – контрольных – без усиления). На втором этапе главной целью явилось учёт разности реологических свойств более старого бетона железобетонной балки и относительно нового бетона «рубашки», а также учёт начальных повреждений в виде силовых трещин, появившихся под эксплуатационной нагрузкой. И то и другое учтено в компьютерной модели в ПК ANSYS.

14. М.В. Вилкова (ООО «НПФ «Рекон+»»), К.А. Фабричная. К необходимости оценки устойчивости кирпичных стен зданий при консервации.

В процессе реконструкции некоторых исторических зданий возможны перерывы в строительномонтажных работах, которые, при отсутствии консервации зданий и организации статического воздействия внешней среды, негативно влияют на памятники, а в частности на прочность и устойчивость стен. Рассматривается состояние стен комплекса зданий Дворянского собрания, для которых при устройстве временной кровли возник вопрос устойчивости стен, входящих в дискретную структуру памятника, работающих на грани самоликвидации. Ситуация усугубляется отсутствием структурных связей, низкими прочностными характеристиками субстратов кирпичной кладки, наличием большого количества повреждений и непрекращающимся агрессивным воздействием внешней среды. Используются результаты натурных обследований, выполненных в разные годы, в том числе мониторинга состояния конструкций. Обоснована необходимость проведения расчетов по устойчивости, для грамотных мероприятий по консервации здания, предотвращающих преждевременное (аварийное) обрушение стен.

15. М.В. Вилкова (ООО «НПФ «Рекон+»»), Р.Р. Латыпов (ООО «ЖелдорНИИПроект»). Расчетное обоснование и разработка мероприятий по обеспечению сохранности стен памятников архитектуры при реставрации.

Выполнена работа по обеспечению сохранности стен из кирпичной кладки 4-х этажного здания, находящейся в аварийном состоянии. Проведен комплекс мероприятий по определению технического состояния объекта, построена конечно-элементная модель в ПК Мидас. Трехмерная модель учитывает физическую нелинейность материала стен, отображает геометрические и прочностные характеристики объекта с учетом результатов натурных обследований. Расчеты выполнены с учетом работы системы грунт – фундамент – несущая конструкция. Характеристики грунтов заданы по результатам инженерно-геологических изысканий. При расчете напряженно-деформированного состояния массива грунта использована модель Modified Mohr-Coulomb. Анализ результатов расчетов позволил разработать систему наружных контрфорсов для обеспечения устойчивости стен при устройстве временной кровли.

16. **М.В. Вилкова** (ООО «НПФ «Рекон+»), **К.А. Фабричная**. Комплексные решения по усилению несущей системы при реконструкции здания-объекта культурного наследия.

Реконструируемое 2-х этажное жилое здание с цокольным этажом входит в состав усадьбы 18-19 вв, расположенной в исторической части города Казань, по адресу Рахматуллина 13, литер 3. Несущая система здания представлена кирпичными несущими стенами по ленточным фундаментам и сводчатыми перекрытиями из кирпича. По результатам обследования была установлена необходимость усиления фундаментов или грунтов основания, усиления и ремонта стен, ремонта сводов. Для подземной части здания предложены два варианта решений. Первый - изменение конструктивной схемы - усиление фундамента буроинъекционными сваями с устройством монолитного ростверка, связанного с существующим фундаментом через разгрузочные стальные балки. Второй - упрочнение грунтов оснований устройством жидкоармированного массива инъецированием цементного раствора через не извлекаемые инъекторы. Оба предлагаемых решений обеспечивают требуемую прочность и долговечность, однако выбор окончательного варианта усиления производится с точки зрения доступности и удобства технологии исполнения и стоимости работ. Предусмотрены мероприятия по ремонту стен и сводов. Однако задержка при выполнении усиления подземной части негативно сказывается на состоянии здания в целом и может привести (а частично уже привела) к обрушению фрагментов стен.

17. **Д.П. Трофимов** (АО «Казанский Гипростройавиапром»). Расчет монолитного железобетонного каркаса АБК электродепо «Саларьево» на прогрессирующее обрушение.

Проектируемый АБК представляет собой 6-этажное здание габаритами 99,5 x 26,2м (в осях), с переменной этажностью (6- и 5-этажные участки, двухэтажная часть), с техническим подпольем под всем зданием. Высота надземной части (до верха парапета): 5-этажной – 21,0 м, 6-этажной – 24,9 м, двухэтажной части – 9,3 м. Несущий каркас здания запроектирован монолитным железобетонным и разделен на 2 температурных блока (на парных колоннах). Материал ж/б конструкций здания на первом этапе расчета принят линейно-упругим (подбор сечений и армирования) с учетом рекомендаций по понижению модуля упругости бетона, на последующих этапах (уточнение армирования, проверка прогибов) - нелинейно-упругим (по трёхлинейной диаграмме состояния сжатого бетона).

Согласно ТЗ на проектирование, для всех зданий электродепо принят I уровень ответственности. В связи с этим, конструктивные решения каркаса выполнены с учетом существующих рекомендаций по проектированию с учетом недопущения прогрессирующего обрушения.

В ходе выполнения расчетов выполнено моделирование нескольких вариантов разрушения конструктивных элементов каркаса и дана оценка эффективности примененных решений.

ВТОРОЕ ЗАСЕДАНИЕ

13 апреля, 9.40, ауд. 4-201

1. **Ил.Т. Мирсяпов, И.Г. Валиахметов**. Исследование напряженно-деформированного состояния изгибаемого элемента из мелкозернистого бетона армированного стеклопластиковой арматурой.

Во многих регионах России можно снизить экономические затраты при строительстве зданий и сооружений используя вместо привозных строительных материалов, бетона с крупным заполнителем и стальной арматуры, аналогичные им местные строительные материалы, такие как мелкозернистый бетон и полимерная композитная арматура. В настоящее время действительная работа мелкозернистого бетона армированного композитной арматурой мало изучена. В этой связи были проведены экспериментальные исследования сопротивления балок из мелкозернистого бетона, армированного композитной арматурой, действию статической нагрузки.

В данной работе приводится описание результатов экспериментального исследования НДС изгибаемого элемента из мелкозернистого бетона, армированного стеклопластиковой арматурой. Опытные балки поделены на 3 серии, отличающиеся степенью армирования, в зависимости от вида предполагаемого разрушения: по бетону сжатой зоны, по растянутой арматуре, и одновременно по бетону сжатой зоны и растянутой арматуре. Деформации в бетоне определяются с помощью тензодатчиков с базой 50 мм, в стеклопластиковой арматуре с базой 5 мм.

2. **Ил.Т. Мирсяпов, И.Г. Валиахметов**. Расчет прочности нормального сечения изгибаемого элемента из мелкозернистого бетона армированного стеклопластиковой арматурой.

В настоящее время существуют различные методы расчета прочности нормальных сечений балок из мелкозернистого бетона армированного стеклопластиковой арматурой при статическом нагружении. В докладе представлен анализ методик расчета напряженно-деформированного состояния, прочности и трещиностойкости изгибаемых элементов из мелкозернистого бетона

армированного стеклопластиковой арматурой, применяемых в разных странах, также представлена методика расчета с применением реальной диаграммы деформирования бетона.

Проведено сопоставление результатов расчета по действующим нормативным документам России, США, Европы с результатами численного моделирования в ПК Ansys и Лира, а также с результатами экспериментального исследования.

3. Ил.Т. Мирсаяпов, А.И. Фатгахова. Исследование НДС заделки арматуры при статическом нагружении на основе моделирования в ПК «ЛИРА-САПР».

При разработке новых видов бетонов, а также введения новых видов арматуры и армирования в целом возникает необходимость обеспечения совместной работы бетона и арматуры. Обстоятельно исследованы свойства каждого из компонент анизотропного материала, однако большинство исследований посвящено расчету в стадии разрушения, в то время как стадии эксплуатации и стадии близкие к разрушению практически отсутствуют в нормативной литературе.

Компьютерное моделирование заделки арматуры выполнено с учетом прочностных и деформационных характеристик бетона и арматуры, их взаимодействия, возможного разрушения от преодоления сопротивления касательного сцепления, сжатия и растяжения. Рассматривается ряд образцов с изменением диаграмм деформирования, способа приложения нагрузки, а также граничных условий. Получены зависимости, описывающие изменение напряжений в арматуре и сцепления по длине заделки. Кроме того, была получена предельная нагрузка, которая приводит к нарушению сцепления арматуры с бетоном.

Однако возможности ПК не дают всесторонне рассмотреть процесс нагружения и поэтапного разрушения бетона на стыке с арматурой. Например, посмотреть процесс трещинообразования, о появлении последних можно было судить лишь по напряжениям в КЭ. Другим слабым местом программы является то, что пришлось нам «додумывать» как распределяются напряжения по выступам арматуры. В результате было принято решение о необходимости моделирования образца на ПК «ANSYS», возможности, которой гораздо шире.

4. Ил.Т. Мирсаяпов, А.И. Фатгахова. Исследование контакта арматуры с бетоном при статическом нагружении на основе компьютерного моделирования в ПК «ANSYS».

Обеспечение совместной работы бетона и арматуры в заделке приобретает особую актуальность ввиду применения новых видов бетона и арматуры, технологий бетонирования и армирования в целом. Многочисленными экспериментальными данными различных исследователей, косвенным путем установлено, что адгезионное сопротивление и трение по гладкой поверхности арматуры между выступами имеют второстепенное значение, а главным здесь является зацепление выступов арматуры, т.е. сцепление профилированной арматуры обусловлено в основном сопротивлением бетона смятию. В этом случае реализуется смятие в чистом виде, основная особенность которого, реализация свойств бетона в масштабе миллиметров, а именно, повышенное сопротивление отрыву и сдвигу и проявление внутризернового сдвига в зоне смятия.

Изначально компьютерное моделирование образца было выполнено на ПК «ЛИРА-САПР». В результате численного эксперимента были учтены диаграммы деформирования, получены значения напряжений в зависимости от перемещений. Однако ПК «ЛИРА-САПР» не дает возможности моделирования и выявления процесса трещинообразования, как результат смятия бетона в заделке.

В данном численном эксперименте рассматривалась заделка арматуры с учетом граничных условий, соответствующих реальной работе заделки. Внимание уделяется исследованию распределения напряжений в бетоне и арматуре в заделке, характеру образования трещин в бетоне под выступами арматуры, а также и изменению смещений арматуры по длине заделки.

5. А.Б. Антаков, Н.А. Федоров Совершенствование методики расчета безбалочных монолитных плит перекрытий на продавливание колонной прямоугольного сечения.

На современном этапе развития строительной отрасли применение монолитных железобетонных каркасных систем в строительстве жилых и общественных зданий широко распространено в связи с рядом преимуществ перед сборными каркасами: гибкость объемно-планировочных решений, отсутствие необходимости в заводах стройиндустрии, локализация технологических процессов на строительной площадке и т.п. Наряду с обозначенными преимуществами существуют нерешенные задачи различного характера. Современные нормы проектирования, в том числе зарубежные, имеют существенные различия в расчетных положениях по определению прочности плоских железобетонных плит на продавливание, что может привести к неверной оценке прочности данного узла.

Целью работы является совершенствование методики расчета безбалочных плит перекрытия на продавливание колоннами прямоугольного сечения на основе анализа

существующих методик расчета, а также изучения влияния вытянутых сечений колонн на распределения усилий в плите перекрытия методами компьютерного моделирования.

6. А.Б. Антаков, Л.Р. Шагиев Исследование НДС образцов двухслойной каменной кладки, армированных сетками из композитных материалов, под влиянием ветрового давления.

Опыт эксплуатации зданий показывает, что кладки с тонкослойными швами весьма чувствительны к температурным и усадочным деформациям, локальным нагрузкам, неравномерным осадкам фундаментов, а также динамическим воздействиям технологического или сейсмического характера. Особую важность исследования воздействия ветровых нагрузок приобретают с увеличением этажности современных зданий. Двухслойные кладки выполняются с армированием швов кладочными сетками, обеспечивающими связь слоев. Так как в ограждающей конструкции необходимо обеспечить отсутствие мостиков холода, сетки из композитных материалов более предпочтительны из-за низкого значения коэффициента теплопроводности в сравнении со стальными. При проведении исследования, применяются аналитический и экспериментальный методы, а также компьютерное моделирование. Экспериментально исследуются простенки натуральной величины, армированные сетками из композитных материалов.

Целью работы является оценка эффективности композитных сеток, используемых в качестве армирования двухслойных каменных кладок.

7. Ю.В. Миронова, Е.В. Петрович. Учет динамических воздействий на высотные здания и существующую застройку.

Востребованность высотных зданий жилого и административного назначения обусловлена нехваткой свободной территории под застройку в крупных мегаполисах. В последние годы увеличивается количество высотных зданий и возникает множество проблем при их проектировании. Одна из нагрузок, которая действует на высотное здание – это ветровая нагрузка, являющаяся динамической, прикладываемой к высотному зданию горизонтально. Проблема заключается не только в оценке ветровых воздействий на здания сложных форм, но и распределение динамических ветровых потоков на существующую застройку. Возникают различные сложности в расчете с определением аэродинамических коэффициентов для зданий особенных форм, так как, они не предусмотрены в своде правил. Кроме того, необходимо обеспечить комфортное пребывание людей на верхних этажах высотных зданий и сохранение комфортных условий для жителей существующей застройки. Целью работы является моделирование ветровых потоков, с целью определения максимальных динамических воздействий на высотные здания и окружающие их застройки и разработка рекомендаций по проектированию высотных зданий на данные воздействия. Практическая значимость заключается в разработке рекомендаций по выбору оптимального конструктивного решения несущих систем высотных зданий, в зависимости от высоты, типа окружающей застройки, от ветрового давления в плане.

8. Ю.В. Миронова, Л.Р. Тяминов. Напряженно-деформированное состояние плит перекрытий, усиленных армированием композитными материалами при повышении сопротивляемости здания прогрессирующему обрушению.

Композитное армирование с каждым годом становится актуальнее в разных направлениях строительной отрасли. Но помимо достоинств углепластиков (высокая прочность, долговечность, вес и т.п), присутствуют ряд недостатков, таких как: низкий модуль упругости, низкая огнестойкость. Также недостатком конструкций с композитной арматурой является отсутствие остаточной пластично-упругой работы изгибаемых элементов перед разрушением, что вызвано отсутствием у диаграммы «напряжения – деформации» площадки текучести. В связи с этим возникает необходимость уточнения поведения элементов на предмет прогрессирующего обрушения. В рамках численных исследований проведен расчет здания с монолитным каркасом при различных схемах локального разрушения, при различном виде армирования, в ходе которых получены данные о НДС здания. На основании этих данных разработаны рекомендации по расчету монолитных плит перекрытий усиленных поясами жесткости из углепластиковой арматуры на сопротивляемость прогрессирующему разрушению.

9. Ю.В. Миронова, Э.С. Замалтдинова. Прочность горизонтальных стыков перекрытия системы КУБ с использованием бессварных стыков.

Усовершенствование конструктивно-технологического решения стыков перекрытия системы КУБ производится с использованием бессварных стыков ПФАЙФЕР. Используется гибкая арматура в виде петель стальных канатов, через который продевается арматурный стержень с последующим замоноличиванием стыка мелкозернистым бетоном. Производится моделирование и численное исследование несущей способности бессварного горизонтального стыка PFIFER с помощью программного комплекса ЛИРА, в основе который лежит метод

конечных элементов. Оценивается работа и напряженно- деформированное состояние данного стыка в зависимости от варьируемых параметров. Для выявления особенностей работы стыка при проведении численного эксперимента варьируем следующие параметры: количество равномерно расположенных по стыку закладных деталей, расстояние между закладными деталями, маркой бетона замоноличивания стыков, диаметром петли, и длиной анкеровки. На основании полученных данных определяется наиболее оптимальное и экономическое конструктивного решение.

10. Ю.В. Миронова, Л.М. Габдрахманова. Податливость бессварных горизонтальных стыков плит перекрытий сборно-монолитных зданий.

В качестве конструктивной системы строительства зданий рассматривается система КУБ. В целях сокращения трудозатрат и уменьшения времени устройства стыков панелей перекрытия исследуется замена сварных стыков на бессварные петлевидные стыки. В качестве закладных деталей предусматривается использование закладной детали Шина VS «Пфайфер» (VS 50/200). Стык образуется следующим образом: стальные петли закладных деталей, установленных в тело панелей перекрытия, отгибаются в проектное положение, в петли устанавливается арматурный стержень диаметром 12 мм класса А500С, затем стык замоноличивается мелкозернистым бетоном. Для изучения сдвиговой податливости стыка проводится численное исследование с моделированием его в ПК «Лира-САПР». В ходе эксперимента с целью определения деформативности стыка при воздействии горизонтальных нагрузок, а также для определения наиболее выгодного конструктивного решения, рассматриваются модели стыка с разным классом бетона замоноличивания; количеством и шагом закладных деталей.

11. К.А. Фабричная, А.А. Ермолаева. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния сборно-монолитного каркаса с учетом возможных дефектов возведения.

Целью работы является моделирование несущей системы аналога существующего жилого здания в программном комплексе с учетом возможных дефектов возведения каркаса и влияния на него критического ветрового давления. Для сборно-монолитных каркасов характерными являются такие дефекты как недостаточная жесткость стыков сборных колонн, пониженная прочность монолитных конструкций. Однако еще один дефект может возникать на стадии проектирования по причине неудачного расположения здания по розе ветров, что может увеличить горизонтальные деформации в элементах каркаса.

Разработана программа численных исследований, включающая варьирование наиболее значимых факторов влияния: класс бетона перекрытий и колонн, податливость стыка колонн по высоте и сверхнормативное ветровое давление в неблагоприятном для каркаса направлении. Результаты исследования позволят более точно оценивать прочность и устойчивость каркаса с учетом исследуемых факторов.

12. К.А. Фабричная, М.М. Салахова. Численные исследования напряженно-деформированного состояния каркаса высотного здания с трубобетонными колоннами и стальными связями.

Рассматриваются вопросы устойчивости каркаса многоэтажного здания сложной формы при различном расположении элементов жесткости. Предлагается замена железобетонного ядра жесткости на внешние или внутренние стальные связи.

Изучены возможности моделирования сталежелезобетонных элементов в разных программных комплексах, а также механизм работы и особенности напряженно-деформированного состояния каркаса при использовании сталежелезобетонных элементов.

Разработана программа многофакторных численных исследований с варьированием жесткостей, назначенных для конечных элементов. Компьютерное моделирование основано на использовании программного комплекса ЛИРА-САПР. Результаты, полученные по результатам расчетов, позволят предложить расчетную модель для оценки прочности и устойчивости каркаса со сталежелезобетонными элементами.

13. Н.Г. Палагин, А.Ф. Дульмиева. Методика определения экономической эффективности проектирования длинных цилиндрических оболочек из высокопрочного песчаного бетона.

Применение высокопрочных песчаных бетонов в строительстве является малоизученной отраслью науки, при этом повышенное внимание уделяется изучению их технических характеристик. А такой значимый аспект, как нормативная база по методологии расчета конструкций, выполненных из мелкозернистого бетона, отсутствует.

Целью исследования является сравнение экономической эффективности применения высокопрочных песчаных и тяжелых бетонов при проектировании длинных цилиндрических оболочек. Методика заключается в расчете и конструировании указанных оболочек из тяжелого и

высокопрочного песчаного бетона по СП 63.13330.2012 и СП 52-117-2008*, соответственно, при варьировании пролета оболочки, классов бетона с учетом особенностей их прочностных и деформативных характеристик, толщины оболочки, сечения колонн и сравнении стоимости сравниваемых конструктивных решений. Производится анализ результатов расчета, полученных при ручном счете и при использовании ПК «ЛИРА-САПР».

14. Н.Г. Палагин, А.Р. Садрутдинова. Методика определения экономической эффективности проектирования пологих оболочек положительной гауссовой кривизны из высокопрочного песчаного бетона.

В нашем регионе песчаный бетон находит все большее применение в строительстве в силу наличия сырьевой базы. Ценными особенностями песчаного бетона являются возможность создания однородной высококачественной структуры без крупных включений и высокая технологичность.

Цель работы состоит в разработке методики оценки экономической эффективности применения высокопрочных песчаных бетонов при проектировании пологой оболочки положительной гауссовой кривизны. Методика заключается в расчете пологой оболочки из тяжелого и высокопрочного песчаного бетона по СП 52-117-2008* при варьировании пролетов оболочки, классов бетона с учетом особенностей их прочностных и деформативных характеристик, толщины оболочки, сечения колонн и сравнении стоимости сравниваемых конструктивных решений. Производится сравнение результатов, полученных при ручном счете, с результатами, полученными при расчете в ПК «ЛИРА-САПР».

15. О.В. Радайкин, Ю. Бельскова. Совершенствование методики расчёта сталежелезобетонных перекрытий по профилированному настилу для реконструкции кирпичных зданий старой застройки.

В последнее время в России значительно увеличился объем работ по реконструкции зданий различного назначения с целью продления их жизненного цикла и приведения конструкций зданий в соответствие с требованиями современных нормативных документов. Для этих целей перспективным видится применение сталежелезобетонных конструкций. Их эффективность по сравнению с цельностальными или железобетонными достигается за счет совместной работы двух материалов (бетона и стали), т.е. реализации одного из основополагающих принципов проектирования – принципа совмещения функций различных элементов. Их применение особенно рационально в перекрытиях общественных и производственных зданий при больших нагрузках. Предметом исследования являются прочность, жесткость, трещиностойкость рассматриваемых конструкций. Для этого на начальном этапе исследований проведён анализ научно-технической и нормативной литературы, в том числе зарубежных авторов. Далее проведено компьютерное моделирование таких перекрытий различных конструктивных решений.

16. Г.П. Никитин, А.Р. Пулатов. Прочность и трещиностойкость изгибаемых сталежелезобетонных конструкций по нормальным сечениям.

Современные тенденции предъявляют все больше требований к экономической эффективности строительных конструкций, связанных со снижением массы возводимых зданий и уменьшением расходных материалов. Сталежелезобетонные конструкции, обладающие достоинствами как стали, так и железобетона отвечают данным требованиям и находят все более широкое применение. Однако в существующих методиках расчета таких конструкций не учитывается совместная работа бетона и стали в месте их контакта. Установлено, что учет совместной работы материалов позволяет более точно смоделировать работу проектируемых конструкций, что позволит снизить расход материалов и увеличить их экономическую эффективность. Цель работы – получение усовершенствованной методики расчета прочности и трещиностойкости изгибаемых сталежелезобетонных конструкций по нормальным сечениям с учетом работы конструкции на границе сталь - бетон.

В ходе численных исследований и компьютерного моделирования выявлены наиболее значимые факторы, определяющие работу сталежелезобетонных конструкций на границе сталь – бетон.

17. Г.П. Никитин, А.А. Агеева. Прочность платформенных стыков в крупнопанельных зданиях из высокопрочного бетона.

Горизонтальные стыки несущих конструкций зданий и сооружений относятся к элементам, ответственным за обеспечение конструкционной безопасности зданий и сооружений в целом. Поэтому совершенствование методики расчета этих стыков является актуальным как для вновь возводимых зданий и сооружений, так и при их реконструкции с учетом надстройки. Цель данной работы — разработка усовершенствованной методики расчета платформенных стыков крупнопанельных зданий из высокопрочного бетона при действии вертикальных усилий,

отражающей фактический механизм разрушения бетона при сжатии; исследовать напряженно-деформированное состояние этих стыков с учетом прочностных характеристик бетона с высоким пределом прочности при сжатии в программном комплексе «ЛИРА-САПР».

В ходе работы по обработке результатов численных исследований с учетом варьирования многочисленных факторов были получены формулы для определения основных параметров расчетной схемы платформенного стыка.

18. А.Б. Панкратова (гр. 7СМ12, н. рук. Г.П. Никитин). Устойчивость к прогрессирующему (лавинообразному) обрушению несущих систем большепролетных одноэтажных промышленных зданий.

Предметом исследования является одноэтажное промышленное здание пролетом 96 метров. Целью исследования является оптимизация несущих систем большепролетных зданий по расходу стали. В задачи входит расчет промышленного здания пролетом 96 метров на прогрессирующее обрушение при удалении любой колонны или несущих элементов покрытия, рассмотрены различные типы несущих конструкций покрытий и разработаны рекомендации для оптимизации вариантов по расходу стали и по обеспечению необходимой устойчивости здания.

Практическая значимость состоит в создании методики по подбору наиболее рациональных несущих каркасов здания по расходу стали.

В процессе исследования был проведен статический расчет каркаса здания с арочной фермой, затем проведены мероприятия по обеспечению устойчивости здания и расчет на прогрессирующее обрушение с учетом выполненных мер.

19. Р.Р. Абдуллин (гр. 7СМ11, н. рук. Г.П. Никитин). Прочность внецентренно сжатых сталежелезобетонных конструкций.

Нормы устанавливающие требования к проектированию сталежелезобетонных конструкций включают в себя расчет сжатых элементов по предельным усилиям, при этом не отражается их фактическое напряженно-деформированное состояние, не учитывается двухстадийная работа таких элементов. Проблемными зонами данного типа конструкций являются зоны сопряжения стальных элементов и бетона, что обусловлено появлением специфических воздействий, вызванных перепадом температур, усадкой и ползучестью бетона (сдвиг разнородных материалов по поверхности контакта).

В связи с вышеизложенным возникает необходимость в совершенствовании методики расчета данных элементов по прочности, жесткости и трещиностойкости. Перспективным для этой цели является применение нелинейной деформационной модели, а также теории силового сопротивления анизотропных материалов сжатую, совместно позволяющих рассчитывать внецентренно сжатые элементы на всех этапах работы – от начала нагружения вплоть до разрушения.

20. Д.Р. Ахметзянов (гр. 7СМ011, н. рук. Ил.Т. Мирсаяпов). Оценка эффективности применения высокопрочных бетонов в одноэтажных промышленных зданиях.

Согласно ГОСТ 25192-2012 Высокопрочным является бетон, класс прочности которого при сжатии $\geq B55$. В то же время, существует в основном две точки зрения об определении границы между обычными и высокопрочными бетонами 1) Высокопрочными следует называть бетон, Предел прочности которого больше, чем у применяемого в нем цемента 2) Бетоны, прочности которых превышают принятых в действующих нормативных документах. Актуальность данной темы обусловлена тем, что в настоящее время в строительстве наблюдается стремление к нахождению баланса между экономической составляющей и надежностью основных элементов конструкций, с помощью применения высокопрочного бетона можно добиться снижение основных ТЭП, таких как уменьшение габаритов основных элементов, их вес, расход арматуры, уменьшение затрат на логистику. Целью данного исследования является оценка экономической эффективности применения высокопрочных бетонов в каркасах ОПЗ, влияние такого рода бетонов на общую жесткость и прочность здания. Для решения вышеперечисленных задач, на программных комплексах САПФИР и ЛИРА-САПР будет смоделирована расчетная схема одноэтажного промышленного здания, будет выполнен статический расчет каркаса, а также сравнительный анализ элементов каркаса (с применением высокопрочных бетонов) с основными конструктивными элементами ОПЗ, выполненных согласно типовым сериям.

21. А.А. Шамилова (гр. 7СМ12, н. рук. Ил.Т. Мирсаяпов). К оценке выносливости железобетонных подкрановых балок в «пролёте среза».

В процессе эксплуатации железобетонные подкрановые балки промышленных зданий и сооружений подвергаются воздействию многократно повторяющихся динамических нагрузок. При этом из-за усталости бетона или арматуры, разрушение конструкции происходит при напряжениях значительно меньше статических пределов прочности материалов. При

проектировании железобетонных балок в этих условиях необходимо рассчитывать на выносливость. Однако в отечественных нормах этот вопрос недостаточно глубоко проработан: балка рассматривается, как упругое тело, действие изгибающего момента и поперечной силы в «пролёте среза» рассматривается отдельно, влияние многократно повторяющихся динамических нагрузок учитывается эмпирическими коэффициентами и т.п., что не отражает действительную работу балок. В связи с этим возникает необходимость в совершенствовании методики расчёта выносливости подкрановых балок в «пролёте среза», для чего в качестве основы может быть использована теория д.т.н. Ил.Т. Мирсаяпова. Для достижения этой цели на начальном этапе исследований выполнен анализ состояния вопроса, поставлены цель и задачи работы, разработана программа изучения проблемы, выбран арсенал средств и методов, соответствующий поставленным задачам.

22. М.Д. Грузков (гр. 7СМ11, н. рук. Ю.В. Миронова). Остаточная несущая способность элементов каркаса при реконструкции.

Проблема оценки остаточной несущей способности в связи со старением (физическим и моральным износом) зданий и сооружений. В последнее время усилилось внимание к переоценке основных фондов, что потребовало проводить техническое обследование зданий, сооружений и оборудования с целью определения их фактического технического состояния и принятия дальнейших решений о реконструкции, усилении или замене. С течением времени несущая способность, надёжность и остаточный ресурс железобетонных конструкций понижаются вследствие накопления повреждений или появления и развития одного или нескольких дефектов (образование и развитие трещин, коррозия арматуры и бетона и т.д.) Для предупреждения разрушений конструкций и аварий необходимо владеть информацией об их уровне остаточной несущей способности. Целью исследования является разработка рекомендаций по определению остаточной несущей способности и остаточного ресурса по прочности; разработка рекомендации по усилению конструкций и совершенствованию методики расчета по определению остаточной несущей способности плит покрытия.

23. А.А. Киямова (гр. 7СМ12, н. рук. Ю.В. Миронова). Расчетно-конструктивные особенности проектирования объектов социального назначения по системе КУБ-2,5 с учетом прогрессирующего разрушения.

Потребность в объектах социального назначения существует всегда, при этом для возведения таких объектов целесообразно использовать сборные и сборно-монолитные системы, обладающие рядом достоинств: быстровозводимость, свободные планировки, возможность придания архитектурной выразительности и др. Одним из примеров таких систем может служить каркас системы КУБ. В настоящее время мало изучен вопрос работы таких каркасов на прогрессирующее разрушение, недостаточно рекомендаций по оценке напряженно-деформированного состояния зданий, запроектированных по системе. Целью исследования является определение напряженно-деформированного состояния элементов каркаса системы КУБ-2,5 и разработка методики по расчету и проектированию с учетом аварийных воздействий. В соответствии с этой целью поставлены следующие задачи исследования: анализ вариантов применения системы КУБ-2,5 для социальных объектов; анализ современного состояния методов оценки устойчивости сборно-монолитных зданий в условиях экстремальных воздействий; численное исследование напряженно-деформированного состояния сборно-монолитного каркаса; разработка рекомендаций по проектированию и расчету сборно-монолитных каркасов по системе КУБ-2,5 с учетом сопротивляемости прогрессирующего разрушения.

24. Р.Р. Ганиев (гр. 7СМ11, н. рук. Ю.В. Миронова). Совершенствование методики расчета монолитных каркасов высотных зданий с учетом динамичности при прогрессирующем разрушении.

На сегодняшний день существует методика расчета монолитных железобетонных многоэтажных каркасов на прогрессирующее разрушение при статическом эффекте, т.е. рассматривается выключение из работы несущего элемента каркаса, но нет четкой методики расчета монолитных железобетонных каркасов высотных зданий на динамический эффект. Однако, при возникновении нештатной ситуации на верхних этажах здания, есть вероятность запуска механизма прогрессирующего разрушения с выходом из строя близлежащих конструкций вследствие ударов, толчков и т.п.. Следует рассматривать не только выключение из работы несущего элемента каркаса при статическом эффекте, но и возможный динамический эффект от разрушения конструкций здания при взрывах, землетрясениях и т.п. Целью работы является изучение напряженно-деформированного состояния монолитных каркасов высотных зданий с учетом динамичности при прогрессирующем разрушении и совершенствование на основании полученных данных методики расчета.

25. **И.И. Галиаскаров** (гр. 7СМ11, н. рук. В.В. Павлов). Конструкции железобетонных распорных конструкций перекрытий и покрытий.

Использование железобетонных распорных конструкций перекрытий позволяет снизить их толщину, что в свою очередь позволяет значительно снизить нагрузки на опорные несущие конструкции. Опыт применения конструкций такого типа для перекрытий зданий крайне незначителен, в связи с чем формируются различные конструктивные решения таких перекрытий.

Распорные конструкции перекрытий и покрытий, в основном, используются в существующих зданиях историко-архитектурного наследия и вновь возводимых зданиях культурного назначения. Основная цель проводимых исследований заключается в расширении применения таких перекрытий для зданий различного назначения.

Основной акцент при исследованиях делается на малой материалоемкости таких конструкций перекрытий и покрытий, при сохранении основных преимуществ железобетонных конструкций: высокой коррозионной стойкости во влажных средах, долговечности, огнестойкости, ремонтпригодности и т.п.

26. **А.Б. Хайрутдинов** (гр. 7СМ12, н. рук. О.В. Радайкин). Исследование НДС изгибаемых железобетонных элементов с учётом технологических и монтажных дефектов.

Возникновение технологических и монтажных дефектов при возведении зданий и сооружений, к сожалению, частое явление. А повышение эффективности ремонтно-восстановительных работ невозможно без совершенствования методик расчёта НДС конструкций с учётом таких дефектов, как усадочные трещины, сколы бетона, непробетрированная гравелистая структура бетона и т.д. Поэтому цель данной работы – оценить влияние технологических и монтажных дефектов и повреждений на несущую способность, прочность и жесткость изгибаемых элементов. Для этого планируется использовать компьютерное моделирование дефектных конструкций в ПК «Ansys» с учётом физической нелинейности материалов и других значимых факторов. Привлечь положения механики разрушения (механики трещин). Полученные результаты позволят обосновано оценить объём ремонтных работ и разработать их рациональное технологическое решение.

27. **Р.Ф. Иликов** (гр. 7СМ11, н. рук. О.В. Радайкин). Усиление больших вновь пробиваемых проемов в кирпичных несущих стенах.

В настоящее время усиливаются тенденции, связанные с варьированием пространств и перепланировкой. В основном это выражается в желании расширить или объединить жилые помещения. В связи с этим выполняются различные реконструкции зданий, в том числе связанные с расширением существующих или устройством новых проемов в несущих кирпичных стенах. Выполнение подобных действий может послужить причиной уменьшения несущей способности конструкции, и даже привести к ее разрушению. В связи с этим актуальность данной диссертационной работы обусловлена:

- значительным объемом строительных работ по реконструкции и ремонту зданий и сооружений;
- недостатком исследований, методической и расчетной базы для составления нормативных документов, в которых должны быть отражены как конструктивные решения по усилению больших проемов, так точные методы их расчета

Целью данной диссертационной работы является формирование рекомендаций по расчету и конструированию проемов на основе проведенных численных исследований прочности и деформативности.

28. **В.Д. Васильев** (гр. 7СМ12, н. рук. О.В. Радайкин). К применению железобетонных обойм для усиления внецентренно-сжатых колонн.

Часто при реконструкции зданий из железобетонного каркаса, всилу разных и иногда несвязанных между собой причин, возникает необходимость усиления колонн. Довольно распространенными и в то же время эффективными способами считаются устройство железобетонной обоймы и усиление посредством торкретирования, которые, в принципе, при небольшой трудоемкости и материалоемкости существенно увеличивают несущую способность. Усиление при помощи бетонирования целесообразно в том случае, когда элементы подвергаются воздействию агрессивной среды, когда необходимо обеспечить высокую огнестойкость конструкций, а объемы усиления довольно значительны.

При бетонировании встает вопрос совместной работы бетона уже существующей конструкции и нового бетона – учет так называемых реологических свойств. Данная проблема будет рассматриваться в дальнейших исследованиях, а на данном этапе целью научной работы является определение рациональной области использования железобетонных обойм. Причем рассмотрению подлежат оба варианта: бетонирование в опалубке и торкретирование.

Варьируемыми параметрами являются класс бетона и арматуры, размеры поперечного сечения усиливаемых элементов, толщина набетонки, объем работ.

По результатам исследования определены эффективность и целесообразность применения данного метода усиления.

ТРЕТЬЕ ЗАСЕДАНИЕ

16 апреля, 9.40, ауд. 4-201

1. **А.И. Валитова** (гр. 7СМ12, н. рук. К.А. Фабричная). Исследование НДС кирпичных стен зданий на различных стадиях реконструкции, в том числе при нарушении режима консервации.

В городах РФ эксплуатируется множество зданий с несущими стенами из кирпича, для которых характерно удовлетворительное техническое состояние фундаментов и стен в сочетании с аварийным состоянием перекрытий, крыш и инженерных систем. Предлагается выполнить многофакторное численное исследование НДС стен всех стадиях реконструкции здания, которое находится в г. Казань по адресу Муштары 22. Рассматривается влияние технологических процессов выполнения строительно-монтажных работ как в самом здании, так и вблизи него; изменения гидрогеологических условий оснований, возникающее из-за строительства новых зданий, особенно с развитой подземной частью; динамического воздействия от наземного транспорта. Кроме того, учитываются дефекты стен, вызванные нарушением режима консервации при перерыве в строительно-монтажных работах.

Целью работы является определение прочности и устойчивости стен на всех стадиях реконструкции. В работе используются результаты натурных обследований, в том числе мониторинга состояния конструкций.

2. **К.И. Гафурова** (гр. 7СМ11, н. рук. К.А. Фабричная). К исследованию НДС кирпичных сводов (типа Монье) при усилении композитными материалами.

В России на сегодняшний день сохранилось множество зданий с перекрытиями из кирпичных сводов по металлическим балкам, причем многие из них являются памятниками архитектуры и часто находятся в аварийном состоянии.

Большинство традиционных способов усиления каменных конструкций трудоемки в реализации, дорогостоящи, а некоторые из них неприменимы к историческим зданиям по эстетическим соображениям. Вследствие этого для ремонта и усиления каменных конструкций все большее применение получают композитные материалы в виде ламелей, матов и сеток.

Анализ литературы показал, что в существующих нормативных документах отсутствует методика расчета усиления сводчатых перекрытий по металлическим балкам композитными материалами. В связи с этим целью данной работы является исследование НДС кирпичных сводов по металлическим балкам при усилении композитными материалами, для оценки прочности при использовании рассматриваемых решений.

3. **А.М. Саубанова** (гр. 7СМ12, н. рук. К.А. Фабричная). К оценке прочности каркаса в здании с консольными этажами-фермами с учетом ветровых нагрузок в различных программных комплексах.

Строительство зданий с консольными вылетами этажей – эффектный архитектурный прием часто используемый при проектировании современных уникальных зданий, к которым предъявляются повышенные требования по безопасности и долговечности. Особое внимание уделяется оценке прочности и устойчивости несущей системы проектируемых зданий численными методами, с помощью расчетных программных комплексов. Вследствие сложной с точки зрения аэродинамики формы зданий, одним из значимых факторов, влияющих на н.д.с. является ветровое воздействие. Рассматривается создание модели для здания с ферменными этажами и 18 метровым консольным вылетом в различных расчетных программных комплексах, на действии ветровой нагрузки, максимально приближенной к реальному воздействию. По результатам расчета планируется выявление наиболее значимых параметров расчета и изучение способов их введения в программные комплексы для создания оптимальной расчетной модели каркаса для оценки его прочности и устойчивости.

4. **Э.Р. Гилязова** (гр. 7СМ12, н. рук. К.А. Фабричная). Разработка конструктивного решения секции крупнопанельного высотного здания с широким шагом, с учетом устойчивости.

Крупнопанельные здания являются наиболее быстро возводимыми и требующими наименьших затрат, поэтому вопрос разработки конструктивного решения секций, обеспечивающих наличие вариативности квартир на этаже, является актуальным. Однако при увеличении этажности и шага стен снижается жесткость несущей системы, поэтому необходимо многофакторное исследование н.д.с. рассматриваемых вариантов, в том числе с учетом их устойчивости. Цель работы - разработка конструктивной системы универсальной секции

крупнопанельного высотного жилого здания с широким шагом, которая обеспечит свободную планировку и возможность перепланировки здания в процессе его эксплуатации. Для всех рассматриваемых вариантов будут сравниваться получаемые технико-экономические показатели, позволяющие определить оптимальное использование предлагаемых несущих систем.

5. Л.В. Лукманова (гр. 4ПГ06, н. рук. К.А. Фабричная). Анализ напряженно-деформированного состояния встроеного железобетонного каркаса для реконструируемого здания.

Здания старой постройки с наружными и внутренними несущими стенами из кирпича и междуэтажными перекрытиями по деревянным балкам требуют реконструкции без изменения внешнего облика здания с максимальным использованием существующих конструкций и применением новых решений, позволяющих при минимальной себестоимости обеспечивать свободную планировку внутреннего пространства, что актуально для современных административных зданий.

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния монолитной железобетонной плиты перекрытия с отверстием для атриума при разных конструктивных решениях и контурных условиях. В качестве варьируемых параметров для определения наиболее оптимального конструктивного решения устройства междуэтажного перекрытия были приняты балочная и безбалочная конструктивная система перекрытий, с опиранием на железобетонные колонны по периметру атриумного проема.

По результатам выполненного исследования предложено конструктивное решение устройства междуэтажных перекрытий из монолитного железобетона с атриумными проёмами.

6. А. Тарисова (гр. 4ПГ06, н. рук. К.А. Фабричная). Анализ напряженно-деформированного состояния монолитного железобетонного каркаса многоэтажного здания.

Монолитное железобетонное ядро (ствол) обеспечивает высокую жесткость каркаса и значительно уменьшает горизонтальные нагрузки на остальные несущие элементы, что позволяет уменьшить их сечения и обеспечить свободную планировку помещений в многоэтажных зданиях. Задача исследования – определение оптимальной конфигурации, размеров и сечения элементов центрального ядра жесткости железобетонного каркаса

С применением программного комплекса Лира САПР рассмотрены конечно-элементные модели конструкции с различными конфигурациями ядер жёсткостей. Результаты, полученные при исследовании каждого из рассматриваемых вариантов, их последующее технико-экономическое сравнение, а также соответствие современным объёмно-планировочным решениям, позволят определить наиболее оптимизированное конструктивное решение.

7. Г.Р. Ганушевич. (гр. 4ПГ05, н. рук. Радайкин О.В.). Оптимальная компоновка диафрагм жесткости в сборно-монолитном каркасе жилого дома.

Вопрос о размещении диафрагм жесткости в плане, по высоте здания и их влиянии на деформативность элементов монолитного каркаса в руководствах и пособиях по проектированию конструкций монолитных зданий освещены не в полной мере. В связи с этим проектировщик вынужден полагаться на немногочисленные данные и собственный опыт расстановки диафрагм жесткости.

Анализ возможных вариантов компоновки ДЖ позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант как с точки зрения затрат на строительство (армирование диафрагм), так и с точки зрения обеспечения требуемой жесткости здания (размещение их в плане). Для этого требуется обосновать расчетом необходимое количество и сечение диафрагм жесткости для удовлетворения требований безопасности и эксплуатационной пригодности. Данные элементы должны вписываться в архитектурно-планировочную концепцию здания и, по возможности, совмещать в себе несколько функций – несущую и ограждающую (требование функциональности). Другими словами, возникает необходимость в поиске менее затратного метода подбора диафрагм жесткости в зависимости от внешних усилий и геометрии здания.

Расчет производится конечно-элементным методом в ПК «ЛИРА-САПР», позволяющем рассматривать здание в виде пространственного каркаса в упругой стадии. В результате ожидается подтверждение влияния на деформативность здания как жесткости диафрагм, так и их расположения. А также изменение их количества и жесткости по высоте здания и определение оптимального расположения в плане.

8. Р.И. Минзянов (гр. 4ПГ06, н. рук. А.Б. Антаков). Исследование влияния архитектурно-планировочных параметров строения на жесткостные характеристики несущей системы.

Существующая нормативно-методическая база сейсмостойкого строительства, в основном, посвящена вопросам инженерного проектирования и расчета отдельных видов конструкций, конструктивных систем зданий и сооружений. Такой подход предъявляет к архитектору жесткие

требования и носит сугубо технический характер, что приводит к примитивным решениям. Раскрытие взаимосвязи объемно-планировочных решений застройки зданий с инженерно-геологическими, топографическими и сейсмическими условиями, может обеспечить возможность реализации творческих замыслов.

В районах повышенной сейсмичной активности стоимость строительно-монтажных работ при реализации соответствующих проектных решений на 15-30 % выше по сравнению с обычными условиями. В связи с этим ресурсы экономии и социальной эффективности следует искать не в принятой практике типизации и унификации строительного производства, а в рациональных градостроительных, архитектурно-планировочных принципах организации зданий. Руководящими критериями должны быть обеспечение максимальной безопасности и сохранности человеческой жизни, минимизация сейсмического риска, степени разрушений и ущерба, создание полноценных условий для непрерывного и устойчивого функционирования среды.

В работе рассматриваются варианты несущих систем здания с разработкой рекомендаций по повышению жесткости здания в зависимости от архитектурно-планировочных параметров.

9. Д.В. Нестеров (гр. 4ПГ06, н. рук. А.Б. Антаков). Оптимизация несущих конструкций бескаркасного 12-ти этажного монолитного жилого здания.

Основной целью строительства зданий из монолитного железобетона является выполнение сложных архитектурно-планировочных решений, обеспечение прочности и жесткости зданий. Применение бескаркасных конструкций все чаще используемых в настоящее время и связано с удобством возведения, простотой исполнения, отсутствием необходимости в большем количестве строительной техники. Такие методы строительства позволяют возводить здания в кратчайшие сроки, создавать сложные объемно-планировочные решения и придают зданию индивидуальный вид, что вносит разнообразие в территориальную застройку микрорайона города.

Актуальной задачей при оптимизации монолитных бескаркасных конструкций является максимальное уменьшение сечения пилонов, изучение вопросов продавливания перекрытий и взаимодействие различных частей здания. Рассматриваются возможности изменения сечения монолитных стен по всей высоте конструкции с целью уменьшения материалоемкости здания. Данные мероприятия позволят увеличить полезное пространство помещений здания, обеспечить его пространственную жесткость, что положительно скажется на работе конструкции при различных видах нагрузок. Для создания 3D модели и расчета конструкции будут использоваться программные комплексы САПФИР и ЛИРА.

10. А.О. Чалышева (гр. 4ПГ06, н. рук. А.Б. Антаков). Анализ совместной работы монолитного железобетонного каркаса многоэтажного здания и стеновых конструкций из каменной кладки.

В настоящее время наблюдается рост объемов строительства монолитных каркасных зданий с навесными стеновыми конструкциями из каменной кладки, что обусловлено потребностью в разнообразии архитектурных форм. В качестве несущих конструкций таких зданий рассматриваются железобетонные элементы каркаса, а каменное заполнение выполняет ограждающие функции. Взаимодействие между рамой каркаса и заполнением не учитывается. Каркас проектируется на восприятие как вертикальных, так и горизонтальных нагрузок. В реальных условиях каменное заполнение включается в совместную работу и приводит к перераспределению усилий.

Целью данной работы является изучение перераспределения внутренних усилий в элементах каркаса с использованием ПК «ЛИРА-САПР», а также изменения жесткостных характеристик рамы при включении в работу каменного заполнения.

11. И.Р. Хадиев (гр. 4ПГ06, н. рук. А.Б. Антаков). Анализ работы железобетонного монолитного каркаса здания при возможном отклонении колонн от проектного положения.

Современное строительство требует быстрого выполнения монтажных работ, поэтому любое отклонение в пределах строительных допусков несущего элемента от проектного положения не останавливает строительство. Пространственная рама монолитного каркаса работает как статически неопределимая система, в которой под влиянием нагрузки происходит перераспределение внутренних усилий. Поэтому изменение характера работы каждого несущего элемента, входящего в состав рамы, может существенно повлиять на другие элементы каркаса.

Целью данной работы является изучение изменения напряженно-деформированного состояния несущих элементов рамного каркаса здания при возможном отклонении несущих колонн от вертикального проектного положения, а также горизонтальных смещений осей.

12. **М.А. Перцева** (гр. 4ПГ06, н. рук. Ю.В. Миронова). Исследование напряженно-деформированного состояния здания сложной формы при действии ветровой нагрузки с учетом аэродинамических характеристик.

Повышение этажности зданий из-за обостряющегося дефицита земли городских территорий и ее удорожания перевело расчеты зданий и сооружений на ветровые воздействия из разряда редко применяемых в часто используемые. Они базируются на динамике сооружений и современной практике проектирования, выполняются на компьютерах с использованием программных комплексов. Целью исследования является изучение ветровой нагрузки на НДС здания. Для достижения цели в программных комплексах САПФИР и ЛИРА-САПР смоделирована несущая конструкция здания сложной геометрической формы, а также смоделирован воздушный поток вокруг своеобразной в плане формы здания при помощи программного комплекса Flow Design. Получена реальная картина распределения ветровой нагрузки и определены ее критические значения в зависимости от направления воздействия, проведено сравнение с нагрузками, определенными по нормативным документам.

13. **Р.М. Хабибуллина** (гр. 4ПГ06, н. рук. Ю.В. Миронова). Применение системы U-Boot Beton для монолитных перекрытий многоэтажных паркингов.

В связи с высокими темпами роста количества автомобилей на душу населения, проблема нехватки машиномест для парковки автомобилей существует не только в центре города, но и в жилых массивах. Это приводит к поискам новых эффективных решений, обладающих инвестиционной привлекательностью и высокой социальной значимостью. Одним из способов решения является строительство многоэтажных паркингов, которые позволяют значительно сократить площадь застройки, обеспечивая большое количество парковочных мест. Применение новых конструктивных решений для устройства перекрытий позволяет сэкономить на материалах обеспечивая при этом необходимые надежность, прочность и долговечность сооружения. Целью работы является обоснование использования системы «U-Boot Beton» для монолитных перекрытий. Система представляет собой опалубку из рециклированного полипропилена, разработанную для создания облегченных перекрытий из железобетона. Получаемая решетка ортогональных балок, закрытых с верхней и нижней стороны плоским листом, значительно экономит бетон и сталь. «U-Boot Beton» представляет собой идеальное решение для реализации перекрытий с большими проемами и несущей способностью: крайне рекомендуется для структур, нуждающихся в значительных свободных пространствах, таких как паркинги. Так как «U-Boot Beton» является относительно новой системой в отечественном строительстве, целью исследования является разработка рекомендаций по расчету облегченных перекрытий из железобетона.

14. **В.Ю. Фадеева** (гр. 4ПГ05, н. рук. Ю.В. Миронова). Применимость концепции «Green building» для массовой застройки.

Термин «Green building» или «Зеленое строительство» появился в России относительно недавно, однако сегодня уже ни у кого не вызывает сомнений актуальность темы возобновляемых природных ресурсов, экологичных и энергоэффективных технологий. Архитектурно-строительный рынок стал одним из первых, где внедряются подобные технологии, поскольку их использование значительно снижает затраты на эксплуатацию. Green Building предполагает экономное использование ресурсов в организации водоснабжения, отопления, освещения, электроснабжения, а также рациональное использование строительных и отделочных материалов, технологий рекуперации (возвращение части ресурсов для повторного применения), альтернативные источники энергии. Это приводит к повышению качества зданий и комфорта их внутренней среды, увеличению долговечности, уменьшению нагрузок на региональные сети. В России есть примеры построенных крупных зданий, таких как крупные деловые центры «Лахта-центр» в г. Санкт-Петербург, «Башня Федерации» в г. Москве, ж/д Вокзал в г. Адлер. На сегодняшний день применение данной концепции для массовой застройки является не менее актуальной задачей в связи с требованиями по энергосбережению, экологичности зданий и др.

15. **М.Р. Аскарлов** (гр. 4ПГ06, н. рук. А.Н. Седов). Исследование усиленных обоймой внецентренно сжатых железобетонных элементов с учетом напряжённого состояния до усиления.

Одним из наиболее распространенным до не давнего времени способом усиления железобетонных колонн является способ увеличения площади поперечного сечения с применением железобетонной обоймы. Данный способ усиления за многолетний опыт использования зарекомендовал себя как один из наиболее надёжных способов ввиду ряда причин: снижение гибкости элемента, возможность обеспечения совместности работы усиливаемого элемента и обоймы конструктивными мероприятиями, высокая огнестойкость, стойкость к агрессивным средам, стойкость к механическим повреждениям, низкая себестоимость, высокая долговечность.

Принцип работы усиленного элемента в значительной степени отличается от работы обычного сжатого элемента. Поэтому при расчёте подобных конструкций необходимо учитывать ряд немаловажных факторов. Наиболее важными факторами являются: различие в физико-механических характеристиках усиливаемой колонны и обоймы, наличие напряжённого состояния до усиления, податливость контактного шва.

16. Н.Д. Акимов (гр. 4ПГ06, н. рук. А.Н. Седов). Влияние формы сечения колонны на продавливание железобетонной плиты.

В настоящее время в строительстве применяются различные типы сечений колонн, с целью достижения наиболее экономичного расхода материала, несущей способности и её эстетического внешнего вида. Цель исследования – провести сравнительный анализ продавливания плиты различными типами сечения колонн. Для достижения поставленной цели с помощью программного комплекса Лира – САПР выполнено моделирование несущей системы здания для определения усилий, возникающих в элементах плит перекрытий и моделирование узла стыка плиты и колонны различной формы сечения. По результатам моделирования предложено оптимальное конструктивное решение.

17. К.Д. Палатников (гр. 4ПГ06, н. рук. А.Н. Седов). Исследование напряженно-деформируемого состояния стыка колонны с фундаментной плитой.

Основной задачей гражданского и промышленного строительства строить безопасно, дешево, быстро и красиво. Строительство монолитных железобетонных зданий и сооружений на сегодняшний день является одним из самых наиболее распространенных способов.

Актуальность исследования НДС стыка колонны с монолитной железобетонной плитой фундамента заключается в рациональном использовании материалов конструкций с экономической точки зрения, а именно, в подборе оптимальной высоты фундаментной плиты и оптимального сечения колонны, а также класса бетона.

Исследование НДС стыка проводилось с использованием ПК «ЛИРА-САПР» при поэтапном увеличении нагрузки вплоть до разрушающей. На основании результатов проведенных исследований произведена оптимизация стыка, конструктивное решение которого будет применено в моем дипломном проекте.

18. Р.М. Амиров (гр. 4ПГ06 н. рук. А.Н. Седов). Инновационные методы армирования сборных конструкций из железобетона углеволокном сетками.

Армированные углеволокном материалы получили признание в гражданском строительстве в течение последних 20 лет. Наиболее распространенное использование углеволокна зарубежом – в восстановлении и усилении существующих объектов. Углепластиковые сетки являются привлекательным выбором для этих работ, так как это означает экономически эффективный, простой и быстрый монтаж, а также отсутствие существенного влияния на массу или геометрию структуры усиливаемого объекта.

19. Г.Т. Апхадзе (гр. 4ПГ06, н. рук. Н.Г. Палагин). Оценка влияния особенностей проектирования диафрагм жесткости на деформативность монолитного каркаса высотного здания при ветровых нагрузках.

В связевом железобетонном каркасе диафрагмы жесткости воспринимают часть вертикальных и все горизонтальные нагрузки совместно с диском перекрытия, поэтому их вклад в общее напряженно-деформированное состояние всего каркаса в целом достаточно велик. Диафрагмы жесткости в многоэтажных высотных зданиях воспринимают усилия, возникающие прежде всего от ветровых нагрузок. При этом возникает опасность повышенной деформативности каркаса в верхних этажах, что может привести к невозможности нормальной эксплуатации здания.

В представленной работе исследуются различные варианты расположения, форм, количества диафрагм жесткости и подбирается наиболее оптимальный вариант, удовлетворяющий как критериям прочности, так и деформативности каркаса.

Исследование работы каркаса на ветровую нагрузку, включая пульсационную составляющую, расчет и анализ результатов, в состав которого входит оценка деформативности каркаса по перемещениям и ускорениям в соответствии с нормами, производится на основе компьютерного моделирования с использованием ПК «ЛИРА-САПР».

20. Б.Р. Низамутдинов (гр. 4ПГ06, н. рук. Н.Г. Палагин). Техничко-экономическое сравнение перекрытий высотных монолитных зданий с предварительно напряженным и обычным армированием.

В настоящее время монолитное домостроение получает все большее распространение в связи с рядом преимуществ перед сборными каркасами: гибкость объемно-планировочных решений, отсутствие необходимости в заводах стройиндустрии и т.д. Применение дисков

перекрытий с предварительно напряженной арматурой увеличивает жесткость плиты, улучшает условия ее работы на продавливание, а также является положительным моментом для предотвращения прогрессирующего обрушения при чрезвычайных ситуациях и приводит к значительной экономии арматуры. Но в настоящее время преднапрягаемая арматура в таких зданиях применяется редко и поэтому данный вопрос требует более детального изучения.

В предлагаемой работе рассматриваются конструктивные и технологические особенности применения преднапрягаемой арматуры в дисках перекрытий высотных монолитных зданий, а также приводится технико-экономическое сравнение перекрытий с преднапрягаемой арматурой и перекрытий с обычной арматурой.

21. А.Н. Трунов (гр. 4ПГ06 н. рук. Н.Г. Палагин). Исследование экономического эффекта при использовании высокопрочного бетона в высотном монолитном домостроении.

На сегодняшний день наиболее важным в строительстве является экономия материала и денежных средств. Это связано с тем, что для строительства предоставляются сравнительно небольшие запасы ресурсов.

Для решения этой проблемы анализируется экономия материалов при использовании высокопрочного бетона, так как его применение в значительной мере сокращает расход арматуры. Объектом исследования является монолитный каркас жилого высотного здания с различными вариантами компоновки, классами арматуры и бетона. Для анализа результатов подсчитан объем необходимого материала и переведен в денежный эквивалент. Для определения усилий, действующих в элементах здания, и подбора арматуры использована математическая модель каркаса, а инструментом исследования является метод конечных элементов.

Полученный результат может быть использован в строительстве в качестве опорного при выборе класса бетона и арматуры с целью сокращения расходов на строительство.

22. Р.Р. Башаров (гр. 4ПГ06, н. рук. Н.Г. Палагин). Изучение напряженно-деформированного состояния стыка колонны с плитой перекрытия в монолитном железобетонном здании.

Одним из вопросов при проектировании монолитных железобетонных конструкций является расчет и конструирование стыков колонн с плоскими перекрытиями. С конструктивной точки зрения данные узловые сопряжения являются «слабым местом» в каркасе здания из-за небольшой толщины плиты перекрытия и насыщенности её продольной и поперечной арматурой.

В работе изучено напряженно-деформированное состояние стыка колонны с плоской монолитной плитой перекрытия с ростом нагрузки при заданном армировании с варьированием следующих параметров: класса бетона, размеров поперечного сечения колонны и толщины плиты. Сформирована конечно-элементная математическая модель рассматриваемой конструкции. Инструментом исследования стал метод конечных элементов (МКЭ).

23. С.Н. Кыртымов (гр. 4ПГ06 н. рук. Н.Г. Палагин). Исследование напряженно-деформируемого состояния стыка колонны с фундаментной плитой.

Основной задачей гражданского и промышленного строительства является задача строить безопасно, быстро, дешево, красиво. Строительство монолитных железобетонных зданий и сооружений на сегодняшний день является одним из самых распространенных способов.

Актуальность исследования НДС стыка колонны с монолитной железобетонной плитой фундамента заключается в рациональном использовании материалов конструкций с экономической точки зрения, а именно, в подборе оптимальной высоты фундаментной плиты и оптимального сечения колонны, а также класса бетона.

Исследование НДС стыка проводилось с использованием ПК «ЛИРА-САПР» при поэтапном увеличении нагрузки вплоть до разрушающей.

На основании результатов, проведенных исследований произведена оптимизация стыка, конструктивное решение которого будет применено в выпускной квалификационной работе.

24. Д.Ш. Сабитова (гр. 4ПГ05, н. рук. В.В. Павлов). Исследование НДС монолитной железобетонной плиты днища бассейна.

Оздоровление населения является приоритетной программой во многих странах. В рамках выпускной квалификационной работы разрабатывается проект административного здания, с размещением SPA-комплекса, в состав которого входит бассейн в уровне последнего этажа.

Особенностью данного решения является то, что нагрузки от чаши бассейна будут восприниматься колоннами верхнего уровня каркаса здания, в связи с чем необходимо решить вопрос оптимизации конструкции плиты чаши бассейна с точки зрения обеспечения прочности плиты, а также ее технико-экономических показателей.

В рамках научно-исследовательской работы с помощью ПК «ЛИРА САПР» выполнено моделирование НДС монолитной железобетонной плиты днища бассейна с варьированием

различных факторов: конструктивное решение (плоская, ребристая), толщина плиты, класс бетона, класс арматуры.

Анализ полученных результатов поможет определить наиболее эффективные конструктивные решения и подобрать оптимальные параметры монолитной плиты перекрытия.

25. С.Ю. Сучков (гр. 4ПГ06, н. рук. В.В. Павлов). Использование сборно-монолитных конструкций в строительстве.

Существующие на сегодняшний день технологии в строительстве позволяют возводить здания различных конструктивных решений, в том числе как из монолитных, так и из сборных железобетонных конструкций. Каждое из этих решений имеет ряд преимуществ и недостатков, связанных с особенностями конструктивных решений, технологиями возведения и т.п.

Использование технологии сборно-монолитного домостроения является реализацией возможности наиболее выгодно скомбинировать достоинства данных двух видов конструктивных систем и при этом максимально исключить существующие недостатки. Основным преимуществом сборно-монолитных конструкций является отсутствие необходимости в многочисленных закладных деталях и соединительных элементах, соответственно и их сварке при монтаже, характерных для сборных конструкций. В тоже время сроки возведения зданий из сборно-монолитных конструкций значительно меньше, чем у зданий из монолитного железобетона.

26. М.Д. Шульмина (гр. 4ПГ06 н. рук. В.В. Павлов), **П.С. Горбунова** (гр. 4ПГ05 н. рук. В.В. Павлов). Изучение НДС монолитных железобетонных конструкций перекрытий и покрытий с консольными элементами.

В целях повышения архитектурной выразительности зданий и сооружений, важное значение имеет выразительность их фасадов, одним из решений которой являются выступающие из плоскости стены элемент, в частности консольные элементы конструкций перекрытий и покрытий.

Использование монолитного железобетона позволяет обеспечить «гибкость» в придании этим выступам различных геометрических форм, а также облегчает строительный процесс по их возведению, обеспечивая при этом необходимые прочностные характеристики конструкций.

Однако существуют некоторые неудобства при устройстве монолитных железобетонных консольных вылетов, например, возникновение больших внутренних усилий в возводимых конструкциях. Для того чтобы обеспечить последующую нормальную эксплуатацию этих элементов покрытий и перекрытий, необходимо провести изучение их НДС, с использованием ПК «ЛИРА САПР». Для получения оптимального решения рассматриваются различные варьируемые факторы: варианты конструктивных решений, величина вылета, толщина конструкций, характеристики материалов железобетонных конструкций.

После получения результатов необходимо произвести сравнение технико-экономических показателей для выбора наиболее оптимального конструктивного решения.

27. А.З. Даулиев (гр. 4ПГ05, н. рук. Г.П. Никитин). Оптимизация железобетонного каркаса при сейсмических воздействиях.

Сейсмические нагрузки относятся к особым и наиболее опасным нагрузкам. Они, помимо особенностей воздействия, зависят также и от динамических характеристик зданий и сооружений. При сильных землетрясениях в конструкциях появляются и развиваются повреждения. Это приводит к изменению их жесткостных и динамических характеристик. Кроме того, к моменту землетрясения в зданиях и сооружениях уже существует то или иное напряженно-деформированное состояние, вызванное действием их собственного веса, полезных нагрузок, тектонических движений грунтов, неравномерных осадок, усадочных и температурных напряжений. Влияние предшествующих сейсмическому воздействию нагрузок вносит свой вклад не только в изменение прочностных и деформативных свойств материалов, но и в изменение динамических характеристик здания в целом.

Поэтому одной из важных задач сейсмостойкого строительства является разработка методов расчета зданий и сооружений, позволяющих наиболее точно оценить возможности конструкций сопротивляться различным сейсмическим воздействиям. Анализ возможных последствий (разрушений) дает информацию для проектирования более сейсмостойких конструкций, нахождения экономических решений, повышения их безопасности, усиления уже поврежденных зданий и сооружений.

28. И.Э. Хакимова (гр. 4ПГ05, н. рук. Г.П. Никитин). Испытание нагружением сборной железобетонной ступени трибун.

Целью испытания изделий нагружением является комплексная проверка обеспечения технологическими процессами производства изделий требуемых проектом показателей их прочности, жесткости и трещиностойкости, предусмотренных в проектной документации на эти

изделия. В результате испытаний производится экспериментальная оценка напряженно-деформируемого состояния железобетонной конструкции на всех стадиях загрузки; определяются фактические значения разрушающих нагрузок при испытаниях изделий по прочности (первая группа предельных состояний) и фактические значения прогибов и ширины раскрытия трещин под контрольной нагрузкой при испытаниях по жесткости и трещиностойкости (вторая группа предельных состояний)

Контрольные испытания нагружением проводятся по схемам, предусмотренным в проектной документации, перед началом массового изготовления изделий, при внесении в них конструктивных изменений или при изменении технологии изготовления, вида и качества применяемых материалов, в результате которого выбираются оптимальные схемы конструкций для того или иного характера загрузки.

29. **Э.Р. Яруллин** (гр. 4ПГ05, н. рук. Г.П. Никитин). Прочность горизонтальных стыков каркасного здания из песчаного железобетона.

Такая прогрессивная технология, как монолитное строительство, в наше время пользуется большой популярностью. Технология монолитного строительства заключается в создании конструкций из железобетона с использованием опалубки. Этот метод позволяет возводить сооружения, имеющие нужную форму и любое количество этажей.

Горизонтальные стыки несущих конструкций зданий и сооружений относятся к элементам, ответственным за обеспечение конструкционной безопасности зданий и сооружений в целом. В несущих системах зданий и сооружений используются, в основном, три вида (типа) стыков: контактные, платформенные, комбинированные. Несмотря на указанную разновидность стыков, в их работе существует общая особенность – на них передаются вертикальные сжимающие усилия, от которых и происходит разрушение.

Кафедра Металлических конструкций и испытания сооружений

Председатель А.Э. Фахрутдинов

Зам. председателя И.Л. Кузнецов

Секретарь М.А. Салахутдинов

ПЕРВОЕ ЗАСЕДАНИЕ

11 апреля, 10.00, ауд. 4-124

1. **А.В. Исаев, Л.Р. Гимранов, Р.Р. Вахтель, И.Л. Кузнецов, А.Э. Фахрутдинов, М.А. Салахутдинов.** О результатах разработки технических решений временных трибун на стадионе «Мордовия-Арена».

Для проведения Чемпионата мира футболу в 2018 году вместимость стадиона «Мордовия-Арена» должна составлять 45тыс. мест. При этом часть трибун должны представлять из себя сборно-разборные конструкции, которые после проведения Чемпионата демонтируются. В связи с этим разработана конструкция временных трибун, включающая стальные косоуры, опираемые на стойки. В уровне опирания на железобетонное перекрытие, указанные плоскостные элементы объединены затяжкой. Конструкция косоуров развязана системой ферм по контуру стадиона, обеспечивающих устойчивость конструкции против прогрессирующего обрушения.

В докладе рассматривается общее конструктивное решение временных трибун, рассматривается проблема расчёта прогрессирующее обрушение в аспекте расхода стали, а также рассматривается вопрос о включении в совместную работу настила временных трибун для обеспечения динамической реакции, исключаяющей возможность резонансного возбуждения несущих конструкций от синхронного движения людей.

2. **Е.Ю. Юдинцев, В.С. Агафонкин.** Устойчивость к прогрессирующему обрушению зданий и сооружений с узловыми соединениями элементов на фланцах.

При строительстве зданий и сооружений опасных производственных объектов во многих случаях в качестве несущих конструкций применяются рамные стальные каркасы с балочной схемой покрытий и перекрытий, в том числе с узловыми соединениями на фланцах. Согласно требованиям норм конструктивные решения сооружений повышенной ответственности должны обеспечивать при аварийном выходе из строя или локальном повреждении отдельных несущих элементов конструкций устойчивость к прогрессирующему обрушению сооружения.

В настоящей работе исследуется устойчивость к прогрессирующему обрушению стальных рамных каркасов зданий с узловыми соединениями на фланцах, и даются рекомендации по проектированию узлов с учетом их жесткости и возможности перераспределения усилий в элементах каркаса при наступлении аварийного воздействия. Исследование выполнено в

динамической нелинейной постановке с использованием метода прямого интегрирования уравнений движения по явной схеме.

3. **А.В. Сусаров.** Поиск оптимальной конструкции методами топологической оптимизации.

Топологическая оптимизация позволяет с помощью расчетов методом конечных элементов снижать массу и улучшать жесткостные характеристики конструкций. Под оптимизацией топологии понимают изменения в конструкции, включающие создание новых границ элементов и удаление существующих.

Целью топологической оптимизации является увеличение или уменьшение заданного свойства конструкции (например, уменьшение энергии деформации, увеличение жесткости) при удовлетворении определенных условий (например, снижение материалоемкости).

После решения прочностной задачи начинается непосредственная работа по топологической оптимизации конструкции. Формулируется целевая функция – снижение податливости конструкции, испытывающей один или несколько вариантов нагружения, увеличение собственных частот, ограничение по деформациям и т.д.

4. **С.А. Пеньковцев, Л.Р. Гимранов, И.Л. Кузнецов.** Перфорированная балка с поясами из стальных профилей.

Перфорированные балки, используемые в несущих конструкциях зданий и сооружений занимают нишу между балками сплошного сечения и фермами и используется при значительных пролетах и малых нагрузках.

Анализ изготовления и эксплуатации существующих типов перфорированных балок позволил определить общие недостатки данных конструкций: неравнопрочность сечений верхнего и нижнего поясов и заведомый перерасход металла, обусловленный дискретностью сортамента донорских прокатных двутавров.

Предлагаемая конструкция перфорированной балки состоит из верхнего и нижнего пояса из прокатных профилей, соединенных листовыми вставками. При этом верхний пояс изготавливается из двутавра, а нижний – из стальной полосы или прокатного тавра. Такая конструкция исключает раскрой и разрезку проката и не требует сложного технологического оборудования для производства балок. Численные исследования напряженно деформированного состояния балки пролетом 18 м производились на ПК Ansys Academic с моделированием компонентов балки пластинчатыми элементами. Произведена оценка несущей способности и сравнение технических характеристик предлагаемой конструкции перфорированной балки с существующими решениями перфорированных балок.

5. **А.С. Антонов, Г.Н. Шмелёв.** Несущие конструкции фасадных систем на стальном каркасе.

Широкое распространение монолитного строительства открывает новые возможности в расчете и проектировании новых ограждающих конструкций с применением навесных или встроенных в междуэтажные перекрытия фасадных систем на стальном несущем каркасе.

Рассмотрены фасадные системы, представляющие собой конструкции поэлементной сборки, состоящие из несущего каркаса, как правило, из термопрофилей ЛСТК, наружной и внутренней обшивки, воздушная полость между которыми заполнена теплозвукоизоляционным материалом. Комплектная система может монтироваться как готовым заводским блоком, так и собираться на строительной площадке с непосредственным креплением несущего каркаса по междуэтажным перекрытиям либо навешиваясь на специальные кронштейны.

Изучена работа элементов несущего каркаса данных систем с учетом различной существующей геометрии, влияния внешних воздействий, условий крепления и др. факторов.

6. **Э.Г. Биккинин, Ф.С. Замалиев.** Предварительное напряжение сталежелезобетонных конструкций путем поэтапного регулирования внутренних усилий.

Мероприятия по созданию предварительного напряжения в сталежелезобетонных конструкциях направлены на уменьшение материалоемкости строительства. Экономия основных материалов при применении предварительного напряжения сталежелезобетонных конструкций достигается за счёт выгодного перераспределения изгибающих моментов путем искусственного создания в сечениях конструкций усилий обратных внешним воздействиям.

Автором в качестве предварительного напряжения сталежелезобетонных конструкций предложен вариант учета усадочных процессов и начальной ползучести бетонной части комбинированного сечения при искусственном подведении опор в середине пролета. Рассмотрена задача предварительного напряжения стальной части, регулируемой опусканием искусственной опоры в середине пролета при различных конечных усадочных деформациях бетона, выявленных в результате экспериментальных исследований в лаборатории КГАСУ.

Разработан аналитический аппарат с использованием уравнений Коши для определения распределения напряжений по высоте составного сечения в результате неравномерных усадочных

процессов. Представлен сравнительный анализ результатов предлагаемой методики расчета и экспериментальных данных.

7. **Д.Н. Арипов, А.Э. Фахрутдинов.** Некоторые особенности расчёта несущих элементов из пултрузионных стеклопластиковых профилей и их соединений.

В настоящее время актуально применение конструкционных стеклопластиковых изделий в авиации, строительстве и других областях. В условиях ограничений на вес и стойкость к агрессивным средам, конструкции из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП), успешно соперничают с традиционными.

Широкое внедрение строительных конструкций из ПСП сдерживается в связи с отсутствием нормативной литературы и опыта возведения. На сегодняшний день существуют отечественные рекомендации (например, Руководство по проектированию и расчету конструкций из ПСП производства ООО «Татнефть-Пресскомпозит») и зарубежные стандарты, наибольшее распространение получил «Pre-Standard for LRFD of PFRP structures» (США).

Приводятся результаты сравнения различных норм на основе расчёта и конструирования поперечной рамы здания пролетом 12м и высотой 4м до низа строительных конструкций. Статический расчёт рамы выполнен на ПК «Лира-Сапр» на действие нагрузки от собственного веса, снеговой нагрузки (для IV района) и ветровой нагрузки (для II района) с учетом пульсационной составляющей.

8. **М.А. Закиров, Ф.С. Замалиев.** Натурные и численные исследования сталежелезобетонной плиты на длительные нагружения.

В строительной сфере широко применяются композитные конструкции, среди которых отдельное место занимают сталежелезобетонные перекрытия. Совершенствование методов расчета сталежелезобетонных конструкций на длительные нагрузки является актуальной темой. Однако, в Еврокоде и в недавно появившемся в РФ СП (Конструкции и сталежелезобетонные, правила проектирования) сталежелезобетонные элементы рассматриваются в основном при кратковременных воздействиях.

Оценке напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонной плиты при действии длительных нагрузок посвящен данный доклад. Приведены методика компьютерного моделирования оценки работы составной плиты при кратковременных и длительных нагружениях, результаты численных исследований. На основе численных исследований подготовлена установка для длительных испытаний.

Приведены методика испытаний, места установки приборов для замера вертикальных перемещений схема наклейки датчиков деформаций бетона и стали на испытуемой конструкции. Результаты измерений сведены в таблицы и графики. Дан анализ результатов натурных испытаний и сравнения с данными численных экспериментов.

Приведены также аналитические выражения для расчета сталежелезобетонных плит на длительные нагружения с учетом ползучести бетона.

9. **М.М. Ахметшин.** Безопасный срок эксплуатации панелей с внешним каркасом из тонкостенных гнутых профилей.

Рассматриваются панели нового типа, в которых внешний каркас из стальных тонкостенных С-образных оцинкованных гнутых профилей, полки которых, погруженные в слой утеплителя из пенополистирола и установленные с определенным шагом с обеих сторон панели, составляют единую несущую и ограждающую конструкцию.

В лаборатории кафедры металлических конструкций и испытания сооружений при КГАСУ были проведены теоретические и экспериментальные исследования, которые подтвердили техническую и экономическую целесообразность их применения

Для практической реализации рассматриваемых панелей были выполнены исследования ее долговечности.

По результатам исследований была разработана методика определения безопасного срока эксплуатации при работе на сжатие при различных значениях нагрузок, представленная в виде программы на универсальной вычислительной системе «Wolfram Mathematica» и зависимость долговечности панелей от нагрузок.

10. **Фекир Кахина, Ф.С. Замалиев.** Методы и способы преднапряжения сталежелезобетонных плит.

В связи с наметившимся широким применением в строительной практике конструкций композитного сечения, весьма актуальным являются исследования сталежелезобетонных конструкций. Сталежелезобетонные конструкции в виде балок, плит с ребрами достаточно широко применяются в мостовых сооружениях и в гражданском строительстве. В применяемых в мостах и

в гражданских зданиях – сталежелезобетонные конструкции не имеют преднапряжения, хотя преднапряжение широко применяется в железобетонных и металлических конструкциях.

Описаны распространенные способы преднапряжения железобетонных и металлических конструкций.

Дан анализ конструктивных решений сталежелезобетонных плит и перекрытий по патентам РФ и других развитых стран.

Приводится программа исследований преднапряженных сталежелезобетонных плит и перекрытий:

- методика исследований;
- ожидаемые результаты.

11. И.Ф. Хайруллин (гр. 7СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Влияние динамической нагрузки от зрителей на конструкции временных стержневых трибун.

Сборно-разборные временные трибуны – это наиболее часто используемые конструкции при проведении спортивных мероприятий с массовым нахождением людей. Во время мероприятия зрители могут совершать активные вертикальные синхронные действия, влияющие как на напряженно-деформированное состояние строительных конструкций, так и на комфортность пребывания людей.

Если при проектировании учитывать только статическую составляющую нагрузки от людей, совершающих прыжки, и не брать во внимание динамическую, а также возможность входа в резонанс с конструкцией, то появляется риск разрушения трибун. Также при динамическом воздействии от согласованного движения зрителей (прыжки, топание ногами и др.) по существующим нормам проектирования необходимо определять максимальное ускорение сооружения для проверки динамической комфортности зрителей.

12. Е.О. Александрова (гр. 7СМ01, н. рук. Л.Р. Гимранов). Исследование НДС и расчет усиленных узлов ферм из гнутосварных профилей.

Фермы из гнутосварных профилей находят широкое применение в производстве металлоконструкций и в современном строительстве. Основными элементами решетки выбираются замкнутые гнутосварные профили прямоугольного или квадратного сечения.

В настоящее время изучены бесфасоночные узлы сопряжения решетки, но проблемой таких узлов является местный изгиб лицевой поверхности пояса, потеря несущей способности стержня решетки или вырывания лицевой поверхности пояса, а также сдвиг стенки пояса. Для предотвращения таких проблем прибегают к увеличению толщины сечения стенки, но в большинстве случаев такое решение является неэкономичным. Поэтому предлагается использовать усиленные узлы с поясными накладками. Трудоемкость реализации таких узлов легко покрывается обеспеченной несущей способностью. Такие узлы практически не исследованы и нормативных документов по их расчету нет. Поэтому конструирование усиленных узлов с решеткой из гнутосварных профилей и изучение их напряженно-деформированного состояния имеет свою актуальность.

13. Д.Р. Залялова (гр. 6СМ01, н. рук. И.Л. Кузнецов). Оптимальные параметры опор по расходу стали.

Рассматриваются решетчатые стальные опоры. Для данных опор составляется выражения их массы и определяется оптимальные параметры: высота сечения, угол наклона раскосов, а также марка стали.

При составлении массы решетчатых опор учитываются все параметры, которые определяют сечения опор. Все параметры, такие как: плотность стали, высота опоры, расчетное сопротивление стали, продольные силы и изгибающий момент в рассматриваемом сечении, высота поперечного сечения опоры, угол наклона стержня решетки и коэффициенты, определяющий конструктивную схему опор, условий работы и предельную гибкость.

Решетчатая опора, находящаяся под воздействием различных факторов, понижают ее прочность и устойчивость. Имеющие различные особенности влияет на ее вес, а, следовательно, и на стоимость. Критерием оптимальности принимается минимум массы и стоимости конструкции. Решением этой задачи получен аналитически набор расчетных формул, условий, позволяющих в реальном проектировании повысить эффективность опор.

14. В.С. Агафонкин, Е.Ю. Юдинцев, А.А. Максимов (гр. 7СМ01, н. рук. В.С. Агафонкин). Сталежелезобетонные рамные каркасы многоэтажных зданий.

В строительстве многоэтажных жилых зданий обычно в качестве несущей конструктивной системы используется монолитный железобетонный каркас, обеспечивающий такие преимущества как минимальная толщина перекрытий, высокую степень огнестойкости, возможность свободного планирования внутреннего пространства помещений. Но строительство данной системы связано с

большими временными затратами, общей трудоемкостью и чувствительностью к погодным условиям.

В настоящей работе рассматривается вариант конструктивного решения несущего каркаса здания образованного стальными колоннами и перекрытиями, состоящими из сборных многопустотных железобетонных плит, опирающихся на нижние полки неравнополочных сталежелезобетонных балок двутаврового сечения рамно-сопряженных с колоннами. Данный вариант обладает преимуществами монолитного строительства и одновременно снижает количество сложных технологических операций при строительстве.

15. **А.А. Гибадуллин** (гр. 6СМ01, н. рук. Д.М. Хусаинов). Оценка влияния точности монтажа опорных стоек на несущую способность рекламных конструкций (РК).

Погрешности изготовления и монтажа РК, отклонения геометрических параметров от проектных приводят к изменению расчетных схем РК и снижению несущей способности. Наиболее характерным дефектом является отклонение опорной стойки РК от вертикального положения, что приводит к появлению дополнительного изгибающего момента в расчетном сечении стойки щита.

Определяющим фактором при расчете РК является ветровое воздействие. В соответствии с нормативным документом равнодействующую нагрузку, направленную по нормали к плоскости щита, следует прикладывать по высоте его геометрического центра с эксцентриситетом в горизонтальном направлении, что в свою очередь будет вызывать момент кручения в расчетном сечении стойки щита.

В работе приводятся результаты расчетов РК с различными величинами отклонений, вводится коэффициент надежности по точности, устанавливается зависимость значений коэффициента надежности по точности от величины отклонений.

16. **А.Р. Хамидуллин** (гр. 7СМ01, н. рук. А.Э. Фахрутдинов), **А.Э. Фахрутдинов**. Лёгкое арочное здание с каркасом из пултрузионных стеклопластиковых профилей.

Пултрузионный стеклопластик – это перспективный композитный материал, который имеет широкую область применения в индустриальном строительстве. Стеклопластик на основе полиэфирной смолы обладает теплопроводностью дерева, прочностью стали, биологической стойкостью, влагостойкостью и атмосферостойкостью полимера, не имея недостатков, присущих термопластам.

Предлагается применение пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП) в качестве унифицированных несущих элементов каркасов облегченных арочных зданий. Рассматривается расчет и конструирование каркаса арочного здания с унифицированными элементами из ПСП, расположенного в IV-м снеговом районе и II-м ветровом районе согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». Расчет выполнен в программном комплексе «ЛИРА-САПР» по деформированной схеме. Приводятся результаты конструирования унифицированного узла соединения элементов арки, выполненных из спаренных швеллеров, и выводы о возможности применения ПСП при строительстве таких сооружений.

17. **И.А. Гильманов** (гр. 6СМ01, н. рук. О.И. Ефимов). Методика количественного анализа начальных усилий в рамных конструкциях из-за начальных несовершенств, составляющих их стержневых элементов.

При сборке любой статически неопределимой конструкции со стержнями, имеющими несовершенства, в ней возникают начальные усилия. Закон распределения для каждого случайного несовершенства какого-либо стержня - нормальный симметричный. Само начальное усилие является случайной величиной как результат действия многих независимых случайных величин, коими и являются случайного несовершенства. Но если допуски на предельные отклонения (несовершенства) в каждом случае ограничиваются в три квадратичных отклонения, то, очевидно, закладывая в «прямой» расчёт эти предельные величины, мы получаем величину начального усилия с неоправданно высокой надёжностью.

В настоящее время в математической статистике есть процедура получения достаточно надежного значения события, являющегося результатом действия нескольких простых независимых событий. Но эта процедура очень трудоёмка и сложна. В данной работе сделана попытка получения желаемого результата через достаточно простые действия на основе анализа НДС статически неопределимых систем с малой степенью статической неопределимости.

18. **Д.И. Латыпов** (гр. 6СМ01, н. рук. А.В. Исаев), **А.В. Исаев**. Сравнение несущих конструкций покрытий из тонкостенных холодногнутых оцинкованных профилей с аналогами из серийных стальных конструкций.

Современные тенденции снижения металлоемкости несущих конструкций покрытий, а также систем каркасов зданий и сооружений привели к появлению новых штампованных и

холодногнутых профилей из тонколистовой оцинкованной стали. При этом вопросы применения указанных профилей в несущих конструкциях строительных конструкций требуют обоснования экономической эффективности с позиции не только расхода стали, но и трудоемкости в условиях построечного изготовления и стоимости металла в деле. В докладе рассматриваются примеры каркасов, выполненных из холодногнутых оцинкованных профилей, дается анализ их напряженно-деформированного состояния по критерию использования сечений по несущей способности. Указанные схемы сравниваются с аналогами поперечных рам традиционной практики строительства стальных конструкций, а также дается оценка рассматриваемых решений по материалоемкости, трудоемкости сборки в построечных условиях и стоимости металла «в деле».

19. **Д.Р. Макаева** (гр. 5П301 н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев**. Сравнительный анализ подходов к проектированию по Еврокоду 4 и СП 266.5800.2016.

По примеру других стран СНГ, таких как Белоруссия, Казахстан и Украина, правительство РФ стремилось стандартизировать проектирование и строительство в целях упрощения обмена услугами между Россией и Европой, а также для продажи строительных материалов нужных характеристик зарубеж. Для гармонизации необходимо было разработать национальное приложение к Еврокодам, модернизировать испытательные лаборатории, устранить различия в терминологии, обозначениях и др. Однако до сих пор переход на проектирование по Еврокодам не произошел.

В докладе рассматриваются различия нормативной базы РФ и Европейских стандартов на примере сравнения СП 266.5800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные» и Еврокода 4 «Design of composite steel and concrete structures», выявляются отличия и аналогичность в подходах расчета конструкций, существенные положительные аспекты обеих систем, возможность применить передовые практики, в том числе и для нестандартных конструкций. Делается вывод о недостатках и преимуществах российского СП на сегодняшний момент.

20. **А.В. Исаев, Р.А. Закиров**. Пути повышения эффективности рам с подкосами

Для снижения металлоемкости промышленных зданий, проектировщиками давно применяются металлические рамные конструкции, зарекомендовавшие себя как наиболее экономичные, с точки зрения материалоемкости, и легко возводимые. Основными преимуществами рам из ЛМК являются легкий вес, серийность, быстрое и легкое возведение.

При всех методиках оптимизации по массе нужно учитывать напряженно-деформированное состояние конструкции. В рамных конструкциях опасным местом является карнизный узел, из-за наибольшего изгибающего момента, который является расчетным при определении сечения силовых элементов рамы. Данный факт приводит к перерасходу металла в других частях конструкции. Для решения данной проблемы в предлагается более рациональное применение в указанном узле сквозного сечения рамы, включающей стойки, ригели, и подкосы карнизной части. При этом каждый подкос образован путем продольной резки профилей стыкуемых концов стойки и ригеля с последующим отгибом их нижних частей и соединенных между собой.

Двигаясь по направлению оптимизации массы, данная рама была модифицирована, и в данном докладе представлена как рама переменного сечения с расщеплением карнизного узла.

21. **Ю.С. Ведищева, М.Ю. Ананьин** (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»). Расчет стеновых сэндвич-панелей с металлическими обшивками с учетом их совместной работы с элементами каркаса здания.

Сэндвич-панели используются как наружное ограждение для зданий с металлическим каркасом. При этом известны два способа крепления панели к элементам каркаса здания: крепление панели непосредственно к несущим колоннам каркаса или к колоннам фахверка (при горизонтальной разрезке панелей) и к ветровым ригелям (при вертикальной разрезке панелей).

Для крепления сэндвич-панелей к каркасу здания используются самонарезающие винты или винты. При этом участок сечения профиля, к которому крепится панель при том или ином виде разрезки, включается в работу панели. Таким образом, внутренняя обшивка панели работает совместно с полкой ветрового ригеля или колонны, и жесткость данной конструкции на опоре превышает жесткость панели в пролете, что влияет на общий прогиб панели и на работу панели и элементов ее крепления у опор.

Результатом исследования является разработка способа расчета сэндвич-панели с учетом ее совместной работы с элементами каркаса здания. Особенностью расчета является то, что он ведется как для балки переменной жесткости. При этом жесткость панели в местах совместной работы с элементами каркаса здания и в пролете определяется как для многослойной конструкции. Приведены уравнения для вычисления прогиба и жесткостей панели на разных ее участках.

22. **Ю.С. Ведищева, М.Ю. Ананьин** (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»). Влияние элементов крепления сэндвич-панели к каркасу здания на ее теплотехнические свойства и долговечность утеплителя.

Сэндвич-панели, используемые в качестве стенового ограждения зданий с металлическим каркасом, крепятся к элементам каркаса здания с помощью самонарезающих винтов или болтов. При этом элементы крепления прорезают панель и являются мостиками холода стенового ограждения.

В настоящей работе приведены методика и результаты исследования влияния самонарезающих винтов и болтов на теплотехнические свойства сэндвич-панелей. С этой целью проанализировано температурное поле сэндвич-панели в местах ее крепления к каркасу здания. Выявлен характер распределения температур по толщине панели в месте ее крепления к элементам каркаса здания. Показано, что температура утеплителя сэндвич-панели около тела самонарезающего винта или болта снижается ниже температуры точки росы, что может привести к выпадению конденсата в утеплителе и уменьшению срока эксплуатации сэндвич-панели. Кроме того, температура на внутренней поверхности сэндвич-панели в местах ее крепления к элементам каркаса здания ниже нормируемых значений для зданий с разными условиями эксплуатации и ниже температуры точки росы для данного помещения, что приводит к образованию конденсата на внутренней поверхности панели и элементе каркаса здания.

ВТОРОЕ ЗАСЕДАНИЕ

12 апреля, 10.00, ауд. 4-124

1. **С.А. Кузнецова** (гр. 6СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Совершенствование конструкций навесных фасадных систем.

В современном строительстве в России вентилируемые фасады, состоящие из материалов облицовки и под облицовочной конструкции, получают все более широкое распространение. Исследование направлено на исследование существующих навесных фасадных систем с воздушным зазором и их конструкций, разработку новых конструктивных решений несущих элементов (кронштейнов) с целью повышения эффективности их работы при статических и динамических воздействиях.

Задачи исследования: анализ методики расчета при действии статических и динамических нагрузок, разработка рациональных (оптимальных) конструктивных решений кронштейнов несущего каркаса навесных фасадных систем с учетом влияния внешних воздействий, исследование напряженно-деформируемого состояния основных элементов несущей системы вентилируемого фасада, а также разработанных конструктивных решений при различных воздействиях, выявление экономически наиболее выгодных решений, определение критериев отказа основных несущих элементов системы навесного фасада.

2. **Р.Г. Гайнетдинов** (гр. 7СМ01, н. рук. И.Л. Кузнецов). Исследование ферм из тонкостенных оцинкованных швеллеров.

Производство гнутых профилей приводит к необходимости выпуска новых конструкций. В частности заводом «Ариада» налажено производство ферм пролетом 18 и 24м. Данные фермы изготавливаются из гнутых оцинкованных профилей, соединение в узлах которых при помощи листовых фасонки на болтах. Данные конструкции обладают эксплуатационным преимуществом, но по расходу материала они более затратные в сравнении со сборной фермой из замкнутых профилей. В настоящей работе приведено исследование данных ферм и их сравнение с существующими типовыми конструкциями. Приведены расчеты узлов ферм из оцинкованных холодногнутой профилей на болтовых соединениях. Расстановка болтов производилась по рекомендациям СП260.13225800.2016. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутой оцинкованных профилей и гофрированных листов и СП16.13330.2011 Стальные конструкции. Была проведена оценка напряженно-деформированного состояния элементов конструкции фермы под воздействием нагрузок.

3. **А.Р. Хакимова** (гр. 7СМ01, н. рук. Л.Р. Гимранов). Исследование CLT панелей клееной древесины как изгибаемых элементов.

В последнее время широкое применение в деревянном строительстве находят панели из клееной древесины, так называемые - CLT-панели. Основными элементами этих панелей являются – перекрестно-склеенные плиты. Они состоят из нескольких слоев, количество которых варьируется в зависимости от назначения панелей. Такие панели относятся к легким сборным промышленным конструкциям, которые только начинают свое развитие на современной российской строительной площадке.

Опыт использования подобных конструкций за рубежом показывает, что CLT-панели достаточно прочный материал, он хорошо работает на сжатие, менее на изгиб (все зависит от количества слоев и клеевого покрытия). В современной нормативной литературе не имеется сведений об использовании этого материала в России. Не исследовано общее применение и определение НДС таких конструкций, не разработан алгоритм и методика расчета

CLT-технологии — это главная альтернатива каркасно-панельному строительству, строительству из клееного бруса, а то и — железобетону. Панели в строительстве применяют как в качестве потолков и крыш, так и как крупногабаритные элементы стен — у них большие предельные размеры. Это универсальный строительный материал, который требует тщательного исследования.

4. В.К. Толстов (гр. 7МС01, н. рук. В.С. Агафонкин). Рациональные стальные каркасы одноэтажных производственных зданий.

Стальные каркасы одноэтажных производственных зданий, обладающие повышенной скоростью возведения, оптимальными весовыми показателями, модульностью, а также высокой технологичностью и ремонтпригодностью, на сегодняшний день имеют большое разнообразие конструктивных решений в практике применения в строительстве. В связи с этим возникает необходимость провести анализ этих конструктивных решений с оценкой их эффективности.

Задачами исследования являются сравнение и анализ нескольких вариантов конструктивных решений и компоновочных схем одноэтажных производственных зданий с целью определения рациональных по расходу стали конструктивных решений стальных каркасов одноэтажных производственных зданий, обладающих наиболее экономически выгодными показателями. В результате анализа выбранных вариантов компоновочных схем даются рекомендации по рациональным конструкциям одноэтажных производственных зданий.

5. Е.Д. Гейчук (гр. 6СМ01, н. рук. Д.М. Хусаинов). Оценка надежности рекламных конструкций в г. Казани с разработкой рекомендаций по их мониторингу.

Рекламные щиты довольно продолжительное время занимают лидирующее место среди всех видов наружной рекламы. В городе Казани установлено значительное количество рекламных щитов. Актуальным является обеспечение мониторинга их технического состояния.

Периодические отказы рекламных щитов, постоянно возникающие в процессе эксплуатации демонстрируют необходимость строгого соблюдения при изготовлении и монтаже рекламы существующих нормативных актов. Анализ разрушений показывает, что они происходят не только из-за производственных отступлений от проекта при монтаже, но и из-за несвоевременного мониторинга за техническим состоянием данных конструкций. Ввиду всего этого необходима информация по оценке надежности, прогнозированию срока службы рекламных конструкций и вероятности их отказа.

Оценено техническое состояние выборки рекламных конструкций в г. Казани, выявлены дефекты и повреждения. На основании проведенного обследования определена вероятность безотказной работы РК при расчете на устойчивость, на прочность анкерных болтов, на прочность стойки с учетом ее крена, по результатам которых разрабатываются рекомендации по мониторингу средств наружной рекламы.

6. И.Ф. Хусаинова (гр. 7СМ01, н. рук. А.Э. Фахрутдинов), **А.Э. Фахрутдинов**. Особенности расчета балок из пултрузионных стеклопластиковых профилей при плоском изгибе.

Стеклопластиковые профили могут применяться в строительстве как альтернатива металлическим и алюминиевым профилям, но в связи с тем, что остается много нерешенных вопросов по расчету и проектированию конструкций из этих профилей, они не находят широкого применения. Например, расчет изгибаемых элементов возможен с использованием модуля упругости при сжатии, либо с использованием приведенного модуля упругости, при этом отсутствуют данные о целесообразности выбора того или иного подхода.

Рассматривается методика расчета пултрузионных стеклопластиковых профилей с учетом фактического положения нейтральной оси. Расчет проводился на примере двутавровой шарнирно опертой балки сечением 200x200x15x15мм с приложением сосредоточенной нагрузки в центре пролёта. Расчет по прочности и деформациям проводился аналитически, с учетом и без учета приведенного модуля упругости. Сравнение результатов расчета показали, что при учете приведенного модуля упругости экономия материала для данного случая составляет 13%. Компьютерное моделирование балки в программном комплексе «ANSYS», выполненное в двух вариантах — с минимальным и приведённым значением модуля упругости, подтвердило достоверность выполненных расчётов.

7. **С.Л. Лазарева** (гр. 7СМ01, н. рук. А.В. Исаев), **А.В. Исаев**. Анализ и классификация конструктивных решений каркасов сельскохозяйственных зданий.

Стальные рамы имеют широкое применение в современном строительном комплексе особенно в системе легких металлических конструкций (ЛМК). При этом вопросы снижения материалоемкости в настоящее время не теряют своей актуальности вследствие: широкой номенклатуры применяемых типов профилей, сечений, конструктивных схем и т.п. Тенденция последних лет показывает, что наибольший объем реализации зданий рамного типа приходится на отрасль сельского хозяйства. В связи с этим, рассматриваются конструктивные решения, применяемые в РТ в отрасли сельского хозяйства, используемые в качестве складских зданий, зданий для содержания крупнорогатого скота (КРС), молочно-товарных ферм и т.п. Выполнен анализ по критерию расхода стали на несущие конструкции. А также ставится задача определения рационального внутреннего объема зданий животноводческого характера с четом нормативного температурно-влажностного режима содержания.

8. **Р.Р. Шафигуллин** (гр. 6СМ01, н. рук. О.И. Ефимов). Сейсмостойкий малоэтажный каркас.

Землетрясение является одним из самых разрушительных сил природы, приносящая человечеству как огромные жертвы, так и существенные материальные убытки. Интенсивное строительство в сейсмических районах приводит к необходимости усовершенствования методов расчета и проектирования строительных конструкций на сейсмические воздействия с целью обеспечения необходимой прочности конструкций, гарантирующей надежность и безопасность сооружений.

Как правило, сейсмостойкое строительство осуществляется по 3 направлениям: создание массивных конструктивных форм, которые не разрушаются в период сейсмического воздействия; создание каркасов, содержащих всевозможные устройства по гашению энергии сейсмического; применение опорных устройств, позволяющих плавный постепенный переход кинетической энергии сейсмического толчка в увеличение потенциальной энергии объекта (в этой ситуации, восприятие людьми сейсмического толчка, возможно, наименьшее).

Данная работа посвящена разработке простого и надежного конструктивного решения стального каркаса малоэтажного здания, позволяющего обеспечивать сейсмоустойчивость объекта с использованием третьего направления.

9. **Н.Н. Киселёв** (гр. 6СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Совершенствование конструктивных решений стержневых конструкций мобильных сооружений.

В настоящее время большое применение в области проведения культурно-массовых и зрелищных спортивных мероприятий нашли мобильные стержневые сборно-разборные конструкции на основе модульных строительных лесов клинового типа.

Современная база нормативных документов в области расчета, проектирования, возведения и эксплуатации конструкций на основе модульных строительных лесов не в полной мере учитывает реальную работу рассматриваемых систем.

На основе анализа технической документации и проведенных расчетов фрагмента сборно-разборной трибуны в ПК ЛИРА-САПР был выявлен ряд недостатков в виде неравномерной загруженности элементов и деформативности подобных конструкций за счет имеющихся величин первоначальных зазоров в узловых соединениях системы.

В физически нелинейной постановке рассматривается вопрос об учете жесткости щитового настила трибун под действием горизонтальных нагрузок, а также ее вклад в общую пространственную работу стержневой системы.

10. **Л.Ф. Галиханова** (гр. 6СМ01, н. рук. Л.Р. Гимранов). Многоэтажные деревянные каркасы из клееной древесины.

На сегодня актуальной является проблема городского деревянного строительства – возведения высотных зданий (более 8-ми этажей) и зданий средней этажности (4-8 этажей) с использованием древесины в несущих конструкциях.

Целью данной работы мы ставим разработку деревянного каркаса из клееной древесины с оптимальным сочетанием прочностных параметров, характеристик жесткости и вопросов пожарной безопасности и подходящего решения узла для данного каркаса.

Конструктивное решение узла соединения балки с колонной на стальных элементах разработано исходя из основных принципов конструирования - обеспечение максимальной несущей способности и жесткости соединения при минимизации трудоемкости изготовления и монтажа соединений, основанных на современных технологиях и эффективном использовании свойств применяемых материалов. В то же время разработанные соединения обладают и достаточно высокой коррозионной стойкостью за счет того, что с трех внутренних сторон вокруг

склеенных стержней образуется клеевая обойма, надежно защищающая от внешних воздействий. Эта же конструктивная особенность соединения повышает и предел огнестойкости стыков.

В результате экономического и прочностного сравнения выбранных каркасов, выявлена оптимальная форма здания – приближенная к квадрату и оптимальная высота здания 48 м.

11. Д.Ф. Фатклисламов (гр. 7СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев**. Прочность и деформативность преднапряженной сталебетонной балки.

Сталежелезобетонные конструкции характеризуются использованием в одном сечении не менее чем двух материалов – стали и бетона и не менее двух видов составных элементов – стальных и железобетонных. Относительная легкость стальных элементов и простота их монтажа сочетается с эффективностью бетона, работающего на сжатие.

Предварительное напряжение железобетонных элементов применяют в целях снижения расхода стали, увеличения сопротивления элементов, образованию трещин в бетоне и ограничения их раскрытия; повышения жесткости и уменьшения деформаций элементов; повышения выносливости конструкций, работающих под воздействием многократно повторяющейся нагрузки; уменьшения расхода бетона и снижения массы конструкций за счет использования бетонов высокой прочности.

В связи с перечисленными достоинствами становится актуальным применение предварительного напряжения в сталежелезобетонных балках. При расчете предварительно напряженной балки необходимо учитывать потери напряжений в арматуре и бетоне. Важно найти оптимальные характеристики класса и диаметра арматуры, класса бетона, значения преднапряжения для проектирования наиболее рациональных решений.

Преднапряженная сталебетонная балка смоделирована в ПК Ansys и приведены результаты численных исследований.

12. А.Н. Ильясов (гр. 7СМ01, н. рук. И.Л. Кузнецов). Перфорированная балка с поясами из прокатных тавров.

Перфорированная балка изготавливается из швеллера, разрезанная по стенке и приварена по выступающим ее частям. Предлагается также конструкция перфорированной балки, также которая выполняется из прокатных профилей ограниченных по высоте деталями листовой стали. Данная конструкция балки более экономичная, а ее расчет менее изучен. В работе приводится расчет указанной балки. В ней определяются усилия в предполагаемых прокатных профилях, а также в деталях листовой стали. Приведенные расчеты данных балок показали, что полосы балки принятые из прокатных профилей достаточно экономичные, а детали из листовой стали достаточно прочно устанавливаются. Показано что предложенные балки на 12-15% экономичнее известных перфорированных балок.

13. Ч.З. Бурганова (гр. 6СМ01, н. рук. О.И. Ефимов). Конструктивные требования при проектировании ферменных конструкций с альтернативным использованием составных стержней из уголкового профиля.

Одним из путей повышения эффективности ферменных конструкций является использование более рациональных, с точки зрения работы на центральное сжатие, сечений. Т.е. использование сечений с большим радиусом инерции, к которым относятся прямоугольные, квадратные и круглые трубчатые сечения. Однако, повышение эффективности можно достичь и при использовании традиционных прокатных уголков, составляя из них коробчатое сечение при объединении через прокладки. Неудобство, связанное с трудностью нанесения защитного покрытия на внутренние поверхности такого составного сечения сглаживается целым рядом положительных моментов: простота конструирования узлов и их надёжность; сравнительная дешевизна и широкий диапазон сортамента исходного профиля.

На настоящий момент отсутствуют конструктивные требования по назначению максимальных расстояний между прокладками для таких сжатых и растянутых составных стержней. В данной работе эти расстояния получены на основе сопоставления деформативности и устойчивости предлагаемых составных стержней со стержнями, имеющими непрерывную связь между профилями.

14. Э.К. Зиятдинов (гр. 6СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв), **Л.И. Хайдаров**. Действительная работа мобильных пространственных стержневых сооружений.

В настоящее время мобильные пространственные стержневые конструкции широко применяются в качестве временных зрелищных сооружений. Многофункциональность системы обеспечивает быстрый монтаж и демонтаж конструкций трибун, навесов и площадок, с возможностью возведения на неподготовленных основаниях.

На стадии проектирования мобильных пространственных стержневых сооружений одной из главных задач является моделирование расчетной схемы, наиболее полно отражающей

действительную работу системы. В связи с этим выполнено численное исследование влияния податливости узлового соединения стержней, геометрических несовершенств (эксцентриситеты нагрузок, угловые несовершенства и отклонения от теоретических осей) и вида основания на работу конструкции методом конечных элементов в нелинейной постановке.

15. С.С. Галеев (гр. 6СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Компенсирующие устройства для пространственно – стержневых конструкций (типа Layher).

Строительные леса Layher используются не только в виде лесов, но и самостоятельных быстровозводимых временных сооружений с массовым пребыванием людей. При нагружении происходит неравномерная загрузка элементов. В этом случае несущая способность всего сооружения ограничивается несущей способностью наиболее нагруженных элементов, в то время как большая часть элементов мало используется. Для наиболее эффективного использования всех элементов сооружения необходимо обеспечить их равномерное нагружение.

В связи с этим необходимо провести перераспределение усилий от наиболее нагруженных к менее нагруженным элементам. Одним из способов выполнения этой задачи является внедрение в систему компенсирующих устройств.

Целью компенсирующих устройств является обеспечение необходимых деформаций в диагональных элементах, в результате которых происходит перераспределение усилий на соседние элементы для равномерной загрузки всех элементов системы.

16. Н.Э. Сайфуллин (гр. 7СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Рациональные схемы временных сборно-разборных трибун.

Для проведения зрелищных событий актуально использование временных сборно-разборных стержневых трибун. Отличительной особенностью этих сооружений являются их короткий срок эксплуатации, возможность возведения на неподготовленном основании, легкий вес, возможность быстрого монтажа и демонтажа.

Диагональные элементы служат для придания пространственной жесткости сооружения, для уменьшения расчетной длины вертикальных элементов, для восприятия сдвиговых перемещений ячейки, вызванных неравномерными вертикальными перемещениями соседних стоек и горизонтальными нагрузками. В сооружении со всеми диагональными элементами элементы мало нагружаются. В связи с этим возможно выполнить разряженную схему для более эффективного использования диагоналей. Также для обеспечения жесткости сооружения могут быть использованы тросовые затяжки.

17. В.В. Захаров (гр. 6СМ01, н. рук. И.Л. Кузнецов). Оптимальные параметры сечения опор контактных сетей с одной открытой гранью.

Металлические стойки опор контактной сети железных дорог приходят на смену железобетонным опорам. Важное их преимущество в том, что скорость установки металлических опор в 3-4 раза выше, чем аналогичных железобетонных за счет значительно меньшего веса и высокой степени заводской готовности. В процессе монтажа не требуется использование дорогостоящих подъемных кранов и другой спецтехники. Это позволяет оперативно и экономно производить замену опор при их повреждении. Резко сокращаются трудозатраты и сроки монтажа.

Рассматриваются опоры контактных сетей сплошного сечения с открытой гранью. Данные опоры изготавливаются из листовой стали путем ее перегиба по длине с созданием многогранного сечения с одной свободной гранью. Для многогранного сечения находятся оптимальные параметры сечения зависимости от толщины листовой заготовки. Для свободной грани в зависимости от условной перерезывающей силы назначается сечение соединительной решетки. При этом рассматриваются различные типы сечения решетки: безраскосная, треугольная, раскосная система решетки. В результате даются сравнительные данные по расходу металла различных типов опор.

18. Р.З. Хамитов (гр. 6СМ01, н. рук. В.С. Агафонкин). Рациональные конструктивные решения усиления структурных конструкций типа «МАрХИ».

В покрытиях зданий широко используются металлические пространственно-стержневые конструкции. Сокращенно их называют структурами, структурными конструкциями. К таким конструкциям относятся и структурные конструкции из унифицированного сортамента «МАрХИ». При эксплуатации или реконструкции зданий с применением структурных покрытий возникает необходимость их усиления. Такая необходимость усиления может появляться в тех случаях, когда несущая способность или необходимая жесткость структурных покрытий не отвечает требованиям норм. Как правило, требования по несущей способности и жесткости в структурных конструкциях не выполняется в связи с увеличением нагрузок при изменении условий эксплуатации или реконструкции, изменением в нормативной базе, а так же в результате наличия дефектов и повреждений в конструкциях.

В работе проанализирован опыт проектирования, эксплуатации структурных конструкций из унифицированного сортамента «МАрХИ», приведены варианты усиления таких систем, рассмотрена методика оптимизации конструкций усиления по минимуму расхода стали.

19. **Д.В. Нуртдинова** (гр. 6СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев**. Напряженное состояние предварительно напряженных сталежелезобетонных перекрытий.

Для дальнейшего развития конструктивных форм сталежелезобетонных конструкций многие исследователи считают необходимым решить проблему сокращения сроков, снижения трудоемкости и материалоемкости проектируемых перекрытий. Рассматриваются сталежелезобетонные перекрытия по патентам РФ №133549, 1770084, 171103. Рассматриваемый тип сборно-монолитного перекрытия благодаря наличию желоба, снабженного арматурным каркасом и заполненного бетоном, обладает увеличенной жесткостью и прочностью за счет его работы в двух направлениях и как следствие обеспечивает снижение расхода стали, а также за счет изготовления элементов заполнения из легкого бетона придает перекрытию улучшенные звуко- и теплоизоляционные свойства. Предлагаемое перекрытие менее материалоемко и трудоемко в изготовлении, поэтому изучение данного вопроса является актуальным.

Проведена оценка напряженно-деформированного состояния и расчет элементов (балок, плит) сталежелезобетонных перекрытий в программном комплексе Ansys. На основе анализа существующих методов расчета смоделировано напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонной плиты с предварительным напряжением вдоль несущей балки и перпендикулярно к ним. Приведен сравнительный анализ работы преднапряженной конструкции по сравнению с ненапряженными перекрытиями.

20. **К.Д. Абликеев** (гр. 6СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев). Исследование сталежелезобетонной преднапряженной балки.

На основе анализа существующих методов расчета и численных исследований, выявлены основные приемы повышения эффективности сталежелезобетонной балки:

- Минимизация сечений балки за счет приближения очертания напрягающей арматуры к эпюре моментов;

- Эффективное распределение материала по сечению балки с утончением стенки, её гофрированием или перфорированием, в том числе с учетом работы материала в упругопластической стадии;

- Вариация сил преднапряжения для регулирования усилий и перемещений.

Смоделирована работа различных видов преднапряженных балок в ПК Ansys, приведены результаты расчетов.

ТРЕТЬЕ ЗАСЕДАНИЕ

13 апреля, 10.00, ауд. 4-124

1. **А.Р. Гимазетдинов** (гр. 4ПГ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Расчет модульных стержневых конструкций с учетом несовершенств.

Модульные стержневые системы могут использоваться в качестве строительных лесов, опорных каркасов и временных сооружений, таких как трибуны. Многофункциональность стержневых элементов обеспечивают быстрый монтаж и демонтаж с возможностью возведения на любом типе рельефа. Система состоит из четырех базовых функциональных элементов: стойки, поперечной балки (ригеля), диагонали и домкрата.

При изготовлении и монтаже стержневых пространственных конструкций возможны следующие виды несовершенств: отклонение от вертикали, местные изгибы элементов, эксцентриситеты между двумя последовательно соединенными стойками. В связи с этим важно исследовать влияние вышеуказанных факторов на напряженно-деформированное состояние и способы их моделирования для составления адекватной расчетной схемы.

2. **А.Г. Гайнутдинов** (гр. 6СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев**. Численные исследования сталебетонной балки из гнутых стальных профилей с боковыми анкерными связями.

Сталебетонные конструкции – новый класс конструкций в современном строительстве, который отличается не только по своему конструктивному признаку, но и по соотношению использования бетонной и стальной составляющих.

Сталебетонные конструкции состоят из монолитного бетона, стальной части и соединительных связей. Совместная работа стальной и бетонной частей сталебетонных конструкций обеспечивается благодаря исключению сдвига контакта составных частей, которое обеспечивается за счет адгезионных свойств, трения и зацепления стального профиля и бетона. Эффективная работа сталебетонных конструкций находится в зависимости от разных видов и величин нагрузок, формы и размеров железобетонного и стального элемента, деформационных и

прочностных характеристик используемых материалов и прочих факторов, что несомненно влияет на напряженно-деформированное состояние таких конструкций. Анализ отечественной литературы показал в существующих нормах в РФ отсутствует комплексный учет факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние сталебетонных конструкций, поэтому изучение данного вопроса является актуальным.

Проанализированы существующие конструктивные решения сталежелезобетонных балок и распространенные анкерные связи обеспечивающие совместную работу стального профиля и монолитного бетона.

Представлены анализ существующих методов расчета и проведенных численных исследований в ПК Ansys. Выявлены деформационные характеристики анкерных связей и факторы влияющие на общую несущую способность сталебетонных балок из гнутых стальных профилей.

3. Г.Р. Фазлыева (гр. 6СМ01, н. рук. А.Э. Фахрутдинов), **А.Э. Фахрутдинов**. Разработка и исследование стальной рамы облегченного здания из оцинкованных тонкостенных профилей.

В настоящее время стальные холодногнутые оцинкованные тонкостенные профили нашли широкое применение при строительстве каркасов малоэтажных жилых и облегченных зданий различного назначения в качестве несущих и ограждающих конструкций, что связано, в том числе, с вводом в действие СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованного профиля и гофрированных листов».

В работе рассматривается стальная рама облегченного здания из оцинкованных тонкостенных профилей. Приводятся результаты расчета поперечной рамы в ПК «ЛИРА-САПР», а также результаты конструирования элементов рамы и узлов их соединения с учетом специфики тонкостенных профилей. Произведено компьютерное моделирование действительной работы двух предлагаемых вариантов узлов опирания стропильной конструкции из стальных оцинкованных тонкостенных профилей на колонны рамы, реализующих простое и надежное в работе шарнирное опирание. Приводятся выводы о возможности и рациональности использования стальных холодногнутого оцинкованного тонкостенного профиля в каркасах облегченных зданий на основе сравнения с традиционными решениями из «чёрного металла», а также существующими сериями, в частности, серией 1.420.3-39.08 «Каркасы стальные Унитэкс-Р1».

4. И.А. Галимуллин (гр. 4ПГ02, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Влияние ландшафта на аэродинамику трибун с навесом.

В настоящее время трибуны с навесом широко применяются в качестве временных зрелищных сооружений. Эксплуатация данных сооружений возможна при различных условиях ландшафта, в т.ч. на участках с уклоном, который изменяет профиль ветрового потока и, соответственно, влияет на распределение ветрового давления, действующего на поверхность навеса.

Определение действительных ветровых нагрузок на трибуны с навесом является важной задачей ввиду отсутствия соответствующей схемы в СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». В связи с этим выполнено численное исследование аэродинамики этих конструкций в программном комплексе ANSYS Fluent для анализа течений жидкостей и газов. В дальнейшем полученные результаты сравнены со схемами ветрового давления для навесов из СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» и Еврокод «Ветровые воздействия».

5. А.Э. Фахрутдинов (гр. 2УН02, н. рук. М.А. Салахутдинов), **М.А. Салахутдинов**. Расчет и конструирование арочного покрытия ангара пролетом 108 м для хранения самолетов.

Покрытие ангара пролетом 108 м без промежуточных опор является большепролетным, согласно ст. 48.1 Градостроительного Кодекса РФ при пролетах более 100 м объекты капитального строительства относятся к уникальным. Применение большепролетных конструкций позволяет максимально использовать прочностные свойства стали и получать за счет этого легкие и экономичные покрытия. Эти факторы, особенно важны сегодня, когда уменьшение массы конструкций и сооружений в целом становится определяющим фактором современного строительства. Именно поэтому возникает интерес к большепролетным конструкциям.

Авторами разрабатывается конструктивное решение покрытия ангара пролетом 108 м, состоящее из колонн, ферм с параллельными поясами, подвешенных в узлах верхнего пояса к несущей арочной конструкции. Выполняется статический расчет данной конструктивной системы, подбор сечений основных элементов и конструирование.

В результате выполненной работы определены усилия и подобраны поперечные сечения элементов покрытия. При этом установлено, что разработанное конструктивное решение позволяет получить экономический эффект.

6. **Е.М. Деревянко** (гр. 4ПГ02, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Исследование НДС узлового соединения мобильных пространственных стержневых конструкций. Модернизация узла.

Мобильные пространственные стержневые конструкции (лаерные конструкции) пользуются большой популярностью в строительстве в настоящее время. Эти конструкции универсальны, высокопрочны. Лаерные конструкции применяют при сооружении горнолыжных трамплинов, трибун, сцен и строительных лесов. Также их применяют в качестве опорных лесов для поддержания опалубки перекрытий. Поэтому повышение несущей способности узлового соединения является важной задачей.

В ходе работы был смоделирован узел соединения элементов системы Layther Allround, с помощью программного комплекса проанализировано его НДС при максимальных нагрузках, выявлены причины разрушения узла. На основе этого узел был модернизирован, в него были введены новые элементы.

7. **К.Т. Мухамадеев** (гр. 7СМ01, н. рук. В.С. Агафонкин). Комбинированные стальные конструкции.

Комбинированными называют системы, включающие наряду с высокопрочными гибкими тросами и канатами изгибно-жесткие элементы: балки, арки, плиты, стержневые системы и другие конструкции. В этих конструкциях удачно сочетаются эффективная работа тросов на растяжение и жестких элементов, работающих на изгиб. Такие системы можно подразделить на два основных типа. В первом главную нагрузку несет провисающая нить, а жесткий элемент работает на местные нагрузки и уменьшает кинематические перемещения системы. Во втором типе жесткие элементы поддерживаются прямолинейными гибкими вантами.

Для увеличения жесткости конструкции и уменьшения расхода стали в практике проектирования комбинированных стальных конструкций применяется предварительное напряжение. В связи с актуальностью вопросов строительства и проектирования большепролетных зданий и сооружений, в работе представлен анализ опыта проектирования подобных объектов с применением стальных комбинированных конструкций с целью определения оптимальных конструктивных решений.

8. **Н.Н. Фалахов** (гр. 6СМ01, н. рук. А.Э. Фахрутдинов), **А.Э. Фахрутдинов**, **Д.Р. Арипов**. Несущие конструкции одноэтажного здания подсобно-вспомогательного назначения из пултрузионных стеклопластиковых профилей.

В работе приводятся результаты расчета и конструирования каркаса здания подсобно-вспомогательного назначения с несущими конструкциями (колоннами, стропильными фермами, прогонами и связями), выполненными из пултрузионных стеклопластиковых профилей производства ООО «Татнефть-Пресскомпозит». В качестве несущих элементов здания использованы стеклопластиковые профили с поперечными сечениями в виде швеллера, двутавра, уголка и полосы. Соединения элементов запроектированы болтовыми.

Рассматривается специфика подхода к проектированию таких конструкций, связанная с анизотропностью материала. В узловых болтовых соединениях ферм элементы решетки примыкают под разными углами по направлению к пултрузии профилей поясов. Для оценки несущей способности таких соединений были выполнены экспериментальные исследования соединений листовых элементов из пултрузионного стеклопластика с различной ориентацией направления армирования. Приводится сравнение композитных и стальных конструкций по технико-экономическим показателям на примере каркаса здания подсобно-вспомогательного назначения.

9. **Б.Т. Исмагилов** (гр. 6СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев**. Исследование сопротивляемости сдвигу сталежелезобетонных балок по контактному шву.

В составных конструкциях, каковыми являются сталежелезобетонные конструкции, особое значение имеет вопрос анализа сопротивляемости контактных швов сдвигу. Для совместной работы двух разнородных материалов «бетон-сталь» в сталежелезобетонных изгибаемых элементах используется различные анкерные устройства. По этой причине изучение работы анкерных связей на несущую способность сталежелезобетонной балки сдвигу по контактному шву представляется актуальным.

Смоделированы сталежелезобетонные призмы с анкерными устройствами в виде арматурных штырей, наклонной арматурной петли, сплошной пластины. Проведены численные исследования работы разных видов анкерных устройств изменяя их шаг, диаметр арматуры. На основе проведенных численных исследований в ПК ANSYS, проанализированы деформации и напряжения возникающие в элементах балки, даны численные сравнения.

10. Бенхамза Имед-Эддин (гр. 7СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев**. Конструктивные решения преднапряженных сталежелезобетонных балок.

Преднапряжение достаточно широко применяется в железобетонных и металлических конструкциях. Предварительное напряжение железобетонных балок применяют в целях снижения расхода стали, ограничения образования трещин в бетоне и их раскрытия; повышения жесткости и уменьшения деформаций элементов; уменьшения расхода бетона и снижения массы конструкций за счет использования бетона высокой прочности.

В связи с перечисленными достоинствами становится актуальным применение предварительного напряжения в сталежелезобетонных балках. При расчете предварительно напряженной балки необходимо учитывать потери напряжений в арматуре и бетоне. Важно найти оптимальные характеристики класса и диаметра арматуры, класса бетона, значения преднапряжения для проектирования наиболее рациональных решений.

Смоделировано преднапряжение сталежелезобетонной балки на основе прокатного двутавра в ПК Ansys. Проведены численные исследования для разных диаметров арматуры, класса бетона, анкерных стержней, используемых в сечении балки.

11. И.И. Асадуллин (гр. 7СМ01, н. рук. В.С. Агафонкин). Стальные каркасы малоэтажных гражданских зданий.

Вопросы расчета, совершенствования стальных каркасов и учет особенностей их работы, являются актуальным направлением для исследования. Малоэтажное гражданское и жилое строительство имеет большой потенциал и возможность совершенствования конструктивных форм, компоновочных схем и оптимизации возведения. Использование легких стальных каркасов может решить проблемы повышения эффективности гражданского и жилищного строительства с применением современных рациональных конструктивных решений.

Характерные особенности гражданских и жилых зданий требуют анализа нескольких вариантов архитектурно-планировочных и конструктивных решений стальных каркасов для определения наиболее рациональных вариантов соответствующих требованиям гражданского строительства. В докладе рассматриваются конструкции, применяемые в них профили, технические характеристики, область применения, преимущества и недостатки. Приводятся результаты сравнения вариантов конструктивных решений рамных каркасов.

12. В.В. Антипина (гр. 6СМ01, н. рук. Л.Р. Гимранов). Прочность и деформативность сводов конструкции «Монье».

Постройки 1800-1900-х годов зачастую оказываются без должного ремонта как при эксплуатации, так и после вывода из нее. Ввиду отсутствия обследований несущих и ограждающих конструкций здания в течение долгих лет, а также принятия мер по устранению дефектов, строения находятся в аварийном состоянии. Неудовлетворительное состояние касается всего остова здания. В конструкцию построек этих годов нередко входят перекрытия в виде сводов по несущим балкам, что значительно затрудняет работу реставраторов.

Реконструкция бетонных сводов по металлическим балкам осложнена ввиду отсутствия методик расчета с учетом особенностей взаимодействия между бетонным сводом и балкой, армирующей перекрытие.

В связи с вышеописанной проблемой разработан расчет данной конструкции на основании СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» и СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции».

Цель работы: изложение методики расчёта бетонных сводов по прокатным двутавровым балкам при их совместном взаимодействии. Сравнение теоретических полученных значений с опытными.

13. Б.Ф. Хузин (гр. 7СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Несущие конструкции каркасно-обшивных стен.

Каркасно-обшивные стены – набирающие широкое распространение ограждающие конструкции с применением встроенных в междуэтажные перекрытия фасадные системы на стальном несущем каркасе.

Данные системы представляют собой каркасно-обшивную наружную ограждающую конструкцию, где основные компоненты – наружная обшивка каркаса, несущие оцинкованные термопрофили (ЛСТК), тепло- и пароизоляционные материалы, а также гидроветрозащитный слой, слои базовой и декоративной штукатурки, и листы для внутренней отделки – гипсокартон, гипсоволокнистые листы или др. Еще одной особенностью данных систем является возможность монтажа как готовым заводским блоком, так и собираться на строительной площадке с непосредственным креплением каркасно-обшивной стены по междуэтажным перекрытиям либо навешиваясь на специальные кронштейны.

14. М.В. Ефимов (гр. 7СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев.** Сталежелезобетонные стойки для конструкций гражданских и промышленных зданий.

В последнее время в развитых странах начали использовать гнутые профили в отличие от прокатных профилей. Они являются наиболее прогрессивными и экономичными так как их легко делать из листовой стали. Сталежелезобетонные стойки могут найти применение как в нагруженных стержнях ферм, арок, так и в стержнях в виде колонн. Сталежелезобетонные стойки представляют из себя гнутые профили спаренные между собой, полости которых заполнены бетоном. При удачном сочетании гнутого профиля с бетоном можно получить эффективное конструктивное решение. Изучению таких стоек посвящено данное исследование.

Проведен патентный анализ конструктивных решений стоек, колонн составного сечения.

Изучены особенности напряженно-деформированного состояния и изменение прочности при кратковременном действии нагрузок сталежелезобетонных сжатых элементов составного сечения на основе гнутых профилей.

Смоделирована работа сжатой стойки сталежелезобетонного сечения с использованием программного комплекса «Ansys». Приведены результаты расчета и сравнения результатов с данными полученными на основе СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные»

15. И.А. Каримов (гр. 7СМ01, н. рук. Ф.С. Замалиев), **Ф.С. Замалиев.** Напряженно-деформированное состояние сталедревобетонной двутавровой балки.

Анализ несущей способности конструкций, показывает наличие не загруженности материалов в сечении, что говорит о необходимости создания разноматериальных конструктивных элементов из двух и более слоев. Поэтому целесообразно использовать составные конструктивные элементы, например, сталедревобетонные изгибаемые балки, у которых в растянутой зоне использованы сталь, в сжатой – бетон, а в качестве стенки клееная древесина.

В докладе приводятся различные конструктивные решения составных балок в древобетонном и сталежелезобетонном вариантах.

Расчет сталедревобетонных изгибаемых элементов на сегодняшний день можно производить по методам мостовых конструкций (СП «Трубы и мосты») или используя рекомендации для расчета сборно-монолитных железобетонных элементов. Однако существующие подходы расчетов основаны на полуэмпирических зависимостях, которые не приводят к надежным и экономичным решениям.

Приводятся программа и методы дальнейших исследований сталедревобетонных балок, направленных на изучение напряженно-деформированного состояния сталедревобетонных балок составного сечения.

16. М.Р. Гатин (гр. 7СМ01, н. рук. Г.Н. Шмелёв). Испытания разработанного несущего кронштейна навесной фасадной системы.

При исследовании напряженно-деформированного состояния существующих кронштейнов навесных фасадных систем выявлен их основной недостаток – повышенная деформативность, что требует детальной проработки при исследовании новых конструктивных решений несущих кронштейнов.

Разработан несущий кронштейн навесной фасадной системы П-образной формы. Произведен расчет по предельным состояниям, по результатам которого, конструкция кронштейна удовлетворяет требованиям настоящих норм и правил. Произведена партия кронштейнов, выполнены испытания как одиночных кронштейнов, так и фрагмента фасадной системы, по результатам которых подтверждаются результаты численного исследования НДС данного кронштейна. Таким образом, разработанный тип несущего кронштейна обеспечивает требуемую несущую способность и жесткость при расчетных нагрузках.

17. А.Р. Халаветдинов (гр. 7СМ01, н. рук. Д.М. Хусаинов). Оценка точности изготовления арочных конструкций облегченных арочных зданий на их несущую способность.

Широкое применение ОАЗ и отсутствие исследований по оценке их действительного состояния, качества изготовления и монтажа, уточнению их действительной работы и влиянию характерных дефектов способствует возникновению отказов в работе их несущих конструкций, что делает необходимым проведение комплекса исследований для обеспечения качества проектирования, изготовления и монтажа ОАЗ.

Целью данной работы является обеспечение и повышение качества проектирования, изготовления и монтажа ОАЗ, достижение которой требует решения следующих задач:

1. Оценка действительного состояния смонтированных и эксплуатируемых ОАЗ, общего уровня качества изготовления и монтажа элементов ОАЗ.

2. Анализ причин аварий, выявление характерных дефектов, причин их появления и оценка их влияния на несущую способность ОАЗ.

3. Разработка методики определения допусков на изготовление и монтаж несущих элементов ОАЗ.

В результате исследований будут разработаны рекомендации и методики, обеспечивающие повышение качества проектирования, изготовления и монтажа несущих конструкций ОАЗ.

18. **Д.А. Емельянов** (гр. 7СМ01 н. рук. И.Л. Кузнецов). Узел соединения холодногнутых уголков в фермах.

В существующих конструкциях ферм применяются уголки в том числе из гнутых профилей прикрепляемых к поясам на сварке. Выполнение сварки приводит к использованию профилей из черной стали требующей коррозионной обработки. Предлагаю новые конструкции ферм из оцинкованных холодногнутых профилей. Стержни решетки прикрепляются к поясам на болтах, при этом предлагаются профили поясов стреловой и решетки из оцинкованных профилей. Использование оцинкованных профилей и болтовых узлов позволяет повышать коррозионную стойкость конструкции, что является их преимуществом. Кроме того для повышения прочности болтовых креплений решетки предлагается их стенки в местах крепления сплющивать, что повышает их несущую способность.

19. **В.Н. Федоров** (гр. 6СМ01, н. рук. В.С. Агафонкин). Регулирование усилий в рамных конструкциях на фланцевых соединениях.

В настоящее время строительство зданий с использованием стальных каркасов получило широкое распространение не только в традиционной области строительства промышленных зданий и сооружений, но все чаще находит применение при возведении многоэтажных зданий, торговых и административных центров. Большую роль играет экономическая эффективность применяемых конструкций. В работе приведен обзор рамных конструкций с жесткими фланцевыми узлами стальных каркасов.

В практике проектирования стальных конструкций каркасов зданий с применением жестких узлов примыкания ригелей к колоннам и балок настила к ригелям опорные моменты существенно больше пролетных. Конструктивное решение каркасов с жесткими фланцевыми узлами и предварительным напряжением позволяет уменьшить расход стали за счет выравнивания узловых и пролетных моментов.

Таким образом, выполненный анализ показал перспективность применения рамных конструкций с жесткими узлами на фланцах и регулирования в них усилий предварительным напряжением. Приведены методика расчета выравнивания усилий и рекомендуемые конструктивные решения.

20. **А.А. Терехин** (гр. 7СМ01, н. рук. И.Л. Кузнецов). Новая ферма из гнутого профиля.

В последнее время в г. Казани да и других городах появились заводы по производству гнутых профилей из оцинкованной стали. Данные элементы используются в различных конструкциях. Особый интерес вызывают несущие конструкции покрытий, а именно фермы различного пролета. Однако, исследования конструкций ферм, изготовленных из швеллеров, уголков и т.п. показывают их недостаточную экономическую способность. Предполагается в качестве поясов данных ферм тавр, который может быть изготовлен из гнутых швеллеров. Ферма из гнутых тавров обладает экономическим преимуществом и вызывает новый интерес их использования. Проводимые расчеты данных ферм показывают, что данные конструкции при применении оцинкованных профилей обладают высокой несущей способностью и коррозионной стойкостью, при этом в качестве раскосов используются уголки прикрепляемые к поясам болтами.

21. **В.Д. Комлев, К.Е. Голубятников, Э.Р. Насыбуллина** (гр. 3УН01, н. рук. А.В. Исаев). Покрытие большепролетных конструкций.

22. Большепролетные конструкции имеют ряд преимуществ, одним из которых является отсутствие конструктивных элементов внутри помещения, в настоящее время спрос на такие конструкции увеличивается. В условиях современной рыночной среды конкурентоспособность сооружения зависит от ее стоимости, поэтому становятся более актуальными вопросы оптимизации инженерных решений.

В современных нормах и правилах проектирования отсутствует единая методика расчета большепролетных конструкций, а существующая для тривиальных конструкций, чаще всего не подходит.

В исследовательской работе рассмотрены различные виды большепролетных конструкций покрытий и произведено сравнение технико-экономических показателей. Исходя из этого, разработана рациональная большепролетная конструкция, предложены варианты узлов, а так же рассмотрено их напряженно-деформированное состояние.

Кафедра Механики

Председатель Р.А. Каюмов
Зам. председателя Ф.Г. Шигабутдинов
Секретарь И.З. Мухамедова

ПЕРВОЕ ЗАСЕДАНИЕ

19 апреля, 8.30 ауд.4-127

1. **В.Г. Низамеев, Ф.Ф. Башаров.** Анализ влияния основных параметров шпренгельной панели на критерии эффективности.

Численные исследования проведены с целью выявления закономерностей, связывающих конструктивные параметры панели с критерием эффективности и характеристик НДС. На основании составленной математической модели проведен анализ влияния отдельных конструктивных параметров шпренгельной панели из стального профилированного настила на критерии эффективности, то есть на его несущую способность, удельный вес и стоимость. Исследования проводились на математической модели панели пролетом 12м при равномерно распределенной нагрузке. Исследуемые параметры оказывают различное влияние на критерий эффективности панелей покрытия. К таким параметрам относятся: количество, геометрические параметры, месторасположения пирамидальных упоров; величина преднапряжения затяжки; толщина стенки профиля; вид профиля и марка прокатной стали. На основании составленной математической модели проведен ряд численных экспериментов с использованием ПК Лира и Nastran, позволившие проанализировать влияние основных геометрических и конструктивных параметров на критерий эффективности панели. Влияние оценивалось на основе выбранного критерия эффективности и в пределах выбранных ограничений для варьируемых параметров. В результате реализации численных экспериментов для всех возможных сочетаний значений варьируемых параметров были определены оптимальные параметры шпренгельной панели, соответствующие выбранным критериям эффективности.

2. **Р.А. Каюмов.** Задача о циклическом нагружении вязкоупругого композита.

Изучены некоторые особенности расчета вязкоупругих деформаций композиционного материала при циклической нагрузке. Численными экспериментами выявлено, что при использовании соотношений с ядром ползучести Абеля отношение вязкой части деформаций в какой-либо момент времени какого-либо цикла к вязкой части деформаций в момент времени, сдвинутый на величину, кратную периоду нагрузки, не зависит ни от величины периода цикла циклической нагрузки (т.е. от частоты нагружения), ни от амплитуды нагрузки, ни от параметра, определяющего степень вязкости материала, а зависит только от параметра, определяющего степень затухания процесса ползучести. Показано, что этот эффект имеет место и в общем случае, когда нагрузка может быть разложена в ряд по тригонометрическим функциям, имеющим одинаковый период цикличности. Выявлены особенности теоремы Вольтерра в случае использования соотношений с ядром ползучести Абеля. Приводятся результаты численных экспериментов по решению задач о растяжении трехслойных стержней с вязко-упругим средним слоем. Обнаружено, что даже в случае наличия приложенных к пакету в целом растягивающих циклических нагрузок, в вязкоупругом слое со временем развиваются сжимающие напряжения. Выявлено, что по прошествии некоторого времени после замены циклической нагрузки некоторой растягивающей силой напряжения в вязкоупругом слое сначала меняют знак, а затем стремятся к нулю.

3. **Р.А. Шакирзянов.** О новом учебном пособии по дискретному методу.

Изучение дискретного метода является особенностью курса строительной механики, читаемой на кафедре механики КГАСУ. Он включен в него потому что: 1) является вершиной, обобщением изучаемых до него методов расчета статически определимых и неопределимых систем; 2) позволяет вести расчет стержневых систем по единой методике; 3) является переходным звеном между известными классическими методами строительной механики и методом конечных элементов. В связи с его актуальностью и было написано и издано новое учебное пособие по дискретному методу. Важные особенности изложенного в нем метода – стандартные алгоритм и методика составления его уравнений, разработанные авторами расчетные программы, анализ связи дискретного метода с другими методами строительной механики. При решении конкретных задач этим методом достаточно умения получить дискретную модель, составлять уравнения равновесия узлов этой модели и выполнить расчеты на компьютере. Имеющиеся возможности учета продольных деформаций и деформаций сдвига позволяют получать решения с различной степенью аппроксимации напряженно-деформированного состояния сооружения.

4. С.Н. Якупов, Н.М. Якупов. Влияние вибрации на коррозионный износ.

Тонкостенные элементы конструкции, обладая уникальными свойствами, находят широкое применение во всех отраслях. Они воспринимают большие нагрузки, работают в агрессивных средах, испытывают механические колебания (вибрацию). В процессе эксплуатации в элементах конструкций и сооружений возникают механические и коррозионные дефекты. Дефектные области являются предвестниками разрушения конструкций. Выполнены экспериментальные исследования тонкостенных образцов из стали, размещенных в емкостях с водой на вибрирующей площадке. Контрольная группа образцов в емкостях с водой располагается в спокойной от вибрации области. Образцы выдерживаются в водной среде в течение заданного времени. Установлено, что вибрация влияет на коррозию образцов: образцы, испытывающие вибрацию, подвержены большему коррозионному износу в водной среде, чем образцы, не подверженные вибрации. Этот факт имеет важное теоретическое и практическое значение, учитывая условия работы многих конструкций и сооружений из металла.

5. С.Н. Якупов, Л.У. Харисламова, Н.М. Якупов. Изменение механических свойств тонкослойных мембран в жидкой среде.

Тонкослойные элементы конструкции, обладая уникальными свойствами, находят широкое применение во всех отраслях. Они работают в агрессивных средах под воздействием физических полей. Воздействие различных сред на тонкие структуры может привести к изменению механических характеристик материала. Обеспечение безопасной работы конструкций, имеющих в составе тонкослойные мембраны, является актуальной задачей. Экспериментально-теоретическим методом исследовано влияние длительности контакта с водой на механические свойства двух групп мембран. Первая группа – пористые капроновые мембраны (фирма «ХИМИФИЛ»), используемые для переноса жидких биологически активных соединений. Вторая группа – битумно-полимерная гидроизоляционная мембранная кровля сложной структуры. Установлено, что образцы, выдержанные в жидкости, изменяют механические характеристики сложных композиционных структур.

6. Ф.Р. Шакирзянов. Оценка несущей способности трехслойной панели со складчатым наполнителем.

Рассмотрена задача определения предельной нагрузки трехслойной панели со складчатым наполнителем. На первом этапе исследований определены прочностные и жесткостные характеристики материала из испытаний образцов на растяжение, сжатие, трехточечный изгиб и сдвиг. Согласно экспериментальным данным получено, что после достижения напряжений некоторого значения они практически не растут, значит возникает текучесть. Это позволило заменить диаграмму деформирования на упрощенную упруго-пластическую модель и рассчитывать конструкцию по теории предельного равновесия. Для определения потери несущей способности конструкции с наполнителем использовался критерий Цая-Ву.

Расчет по теории предельного равновесия проводился методом вариации упругих характеристик, который позволяет получать нижнюю и верхнюю оценку предельной нагрузки. Задача определения предельной нагрузки решена методом конечных элементов. Разработана программа расчета конструкции по теории предельного равновесия на основе метода вариации упругих характеристик.

Было получено значение предельной нагрузки при разных размерах толщины, высоты и угла наклона картона в конструкции.

7. А.В. Гумеров. Особенности моделирования обтекания пластины методом дискретных вихрей.

Моделируется обтекание пластины потоком несжимаемой жидкости методом дискретных вихрей. Комплексный потенциал такого течения задается в виде суперпозиции потенциалов поступательного потока, присоединенных и оторвавшихся дискретных вихрей. На кромках пластины в соответствии с гипотезой Чаплыгина–Жуковского скорости должны быть конечны, что обеспечивается принятием крайних присоединенных вихрей за свободные. Это позволяет в каждый расчетный момент времени определять циркуляции свободных (оторвавшихся) вихрей. Для нахождения положения свободных вихрей в следующий момент времени необходимо решать систему обыкновенных дифференциальных уравнений движения этих вихрей. Уравнения решаются методом Эйлера для обеспечения численной диффузии вихрей. Силу, действующую на пластину, можно определить по теореме об изменении импульса силы. Также можно получить интегрированием коэффициента давления используя формулу Коши-Лагранжа.

Используя имеющиеся экспериментальные данные по числу Струхала и коэффициенту сопротивления поперечного обтекания пластины, подобраны шаг интегрирования и число разбивки пластины. Получены зависимости коэффициента нормальной силы по времени при различных углах обтекания пластины. Проритие пластины свободными дискретными вихрями

исключается аннулированием нормальной компоненты скорости вихря вблизи пластины. Как показали расчеты, учет ядра вихря на картину обтекания и на коэффициент нормальной силы влияет не значительно.

8. **Т.К. Хамитов.** О формах потери устойчивости цилиндрической оболочки при осевом ударе.

Рассматриваются задачи динамической устойчивости упругой и упруго-пластической цилиндрической оболочки при продольном ударе. Известно, что при ударных нагрузках, превышающих статическое критическое значение, формы потери устойчивости отличаются от статических. В рамках геометрически линейной теории исследуются осесимметричные формы движений в зависимости от величины приложенной нагрузки, начальных несовершенств и времени пробега продольной волны сжатия вдоль оболочки. Рассмотрены два вида нагружения оболочки: мгновенное приложение и линейное возрастание нагрузки в функции времени. Вычисления проводились в пакете Mathematica. Результаты расчетов представлены в виде графиков.

9. **Ф.Г. Шигабутдинов.** Исследование потери устойчивости упругих элементов конструкций при продольном ударе.

В докладе приводится постановка задач и вывод уравнений продольно - поперечных движений упругих элементов конструкций при продольном ударе, поперечные движения которых могут быть описаны функцией прогиба, зависящей только от одной пространственной координаты и параметра времени. В общем случае уравнения задачи учитывают конечность скорости продольной волны на формирование напряженно-деформированного состояния по длине рассматриваемых элементов конструкции. Причиной неоднородности напряженного состояния по длине являются, как скачки в жесткости элементов, так и учет продольной волны, распространяющейся с конечной скоростью. В итоге движение описывается системой из двух дифференциальных уравнений в частных производных с переменными коэффициентами. Первое уравнение описывает продольные движения стержня, второе уравнение - поперечные движения. Описывается метод решения данной системы уравнений, основанный на аппроксимации функций прогиба точными решениями задачи о статической потере устойчивости соответствующих элементов. Приводятся примеры расчетов для элементов в виде стержней и пластин.

10. **Ф.Г. Шигабутдинов.** Применение точных решений задачи о статической устойчивости упругих стержней к решению задачи о потере устойчивости упругих стержней при ударе.

Характерной особенностью задач о потере устойчивости элементов конструкций при продольном ударе является неоднородность напряженного состояния по длине пространственно одномерных элементов конструкций. Как следствие, явление описывается системой дифференциальных уравнений продольно-поперечных движений элементов с переменными коэффициентами. Точное решение задачи получено в очень частном случае для упругого стержня постоянного сечения, который можно было считать полубесконечным. В то же время потребности проектирования требуют получение решений, толкование которых было бы доступно специалистам, изучавшим математику в пределах программы технического вуза. В данной работе обсуждается применение точных решений статической задачи потери устойчивости к определению критических нагрузок тех же элементов при ударе. Найденные функции, удовлетворяющие всем статическим и геометрическим граничным условиям, применяются в виде базовой системы функций в методе типа Бубнова-Галеркина. Приведены примеры решений конкретных задач.

11. **Ф.Г. Шигабутдинов.** К вопросу о модернизации учебно-методического комплекса по механике в свете новых образовательных стандартов. (Модуль 1. Теоретическая механика)

Учебно-методические комплексы, которые создавались годами в технических учебных заведениях опирались на большое количество признанных учебников, подготовленных для различных специальностей и программ. При этом значительное число часов отводилось действительно самостоятельной работе студентов под контролем преподавателя. Традиционно трудным для усвоения является раздел классической механики, который называется «Динамика».

12. **А.И. Барханов** (соискатель ученой степени к.т.н., н. рук. Лукашенко В.И.). Состояние работ по экспериментальному подтверждению эффективности КТП и внедрению разработок в практику проектирования.

Для реализации поставленной цели на предыдущем этапе были решены задачи с использованием новых разработок АРС. В 2015-2017 году проведены исследования эффективности применения КТП для отстройки динамической реакции высотных зданий при действии вихревых ветровых нагрузок в реальных диапазонах скоростей обтекания и размеров

высотных зданий. Исследования показали эффективность применения КТП в сравнении с иными способами регулирования «динамической жесткости» и гашения колебаний высотных зданий. Предлагаемое техническое решение можно использовать для широкого круга задач возникающих при проектировании высотных зданий. Представленная на конкурс «50 лучших инновационных идей РТ» конструкция привлекла внимание и получила приз «Старт инноваций». Для полномасштабного внедрения предложенных решений в практику проектирования в 2017 году сотрудниками Совместного Центра внедрения новых технологий расчетно-экспериментальных исследований (КазГАСУ и ИАТТ КГТУ им. А. Н. Туполева) проведен большой объем работ различными специалистами, в том числе разработаны прикладные программы для удобного включения в расчетные схемы КТП и управления ими. Оформляется заявка в номинации «Старт инноваций», предполагающей значительное адресное финансирование.

13. И.З. Мухамедова. Оценка долговечности пленочно-тканевых материалов с учетом перепада температуры.

Построена трехмерная конечно-элементная модель представительной ячейки пленочно-тканевого композиционного материала, в которой учитываются вязкоупругие свойства материала, процессы накопления в нем микроповреждений, фотодеструкции и перепад температуры. Ячейка содержит большое количество конструктивных характеристик, что позволяет расширить спектр варьируемых параметров при анализе их влияния на долговечность композита на основе ткани. В основе расчетов долговечности, лежит принцип линейного суммирования повреждаемости. Численные эксперименты проведены благодаря структурно-имитационной модели представительного элемента пленочно-тканевого композиционного материала, где подвергались изменениям геометрические и механические характеристики. Было обнаружено, что при увеличении предварительной деформации (которая представляет собой растяжку пленочно-тканевого композиционного материала при сооружении конструкций типа шатров) влияние перепада температуры усиливается.

ВТОРОЕ ЗАСЕДАНИЕ

20 апреля, 8.30 ауд.4-127

1. Ф.Ф. Абдуллин (гр. 6СМ05 н. рук. В.И. Лукашенко). Метод определения ресурса отдельных элементов и всей конструкции мобильных сооружений при действии случайных ветровых нагрузок.

Для быстровозводимых многократно используемых конструкций даже при сохранении динамических характеристик необходимо учитывать уменьшение резерва прочности в условиях как малоциклового (статического), так и многоциклового (динамического) нагружения. При действии случайных ветровых нагрузок вынужденные колебания сооружений, связанные с вихреобразованием при обтекании их воздушным потоком, могут привести к резонансным явлениям. Отстройка динамической реакции по основным формам собственных колебаний в этом случае может осуществляться выполнением условия непопадания частот этих форм в определенный интервал частот вихрей дорожек Кармана. Выполненные в 2017 году работы позволили разработать алгоритм и провести исследования для оценки влияния случайных характеристик резерва прочности на долговечность отдельных наиболее нагруженных элементов, выделяемых по результатам предварительных расчетных исследований конструкции. Моделирование в заданных интервалах случайных характеристик резерва прочности позволяет получить при повторных нагружениях с достаточной точностью число повторений до исчерпания резерва и определить с определенной доверительной вероятностью минимальный ресурс.

2. Д.Т. Асфандиярова (гр. 7СМ14, н. рук. А.В. Гумеров). Актуальные вопросы к современным методам моделирования ветровых воздействий на сооружения.

При проектировании высотных сооружений, помимо статической составляющей, учет динамических ветровых воздействий становится обязательным. Как правило, для определения ветровых воздействий на сооружения применяется инженерная методика для типовых конфигураций объектов. Определение аэродинамических характеристик на моделях сооружений в дозвуковых трубах не всегда дают желаемый результат. Необходимы специальные аэродинамические трубы, имитирующие профиль скорости по высоте в рабочей части. В последние годы развитие вычислительных технологий предоставляет возможность проведение сложных математических расчетов, позволяющие получить более подробную информацию. Известность получили такие пакеты как ANSYS Fluent, CFX, STAR-CD и др. Инженеры необходимо протестировать имеющийся программный пакет, тем самым, подобрав нужные параметры для последующего безошибочного моделирования. Возникли актуальные вопросы по выпору модели турбулентности, расчетной схемы, разбиения расчетной области.

Проведены расчеты обтеканию двумерного цилиндра и пластины нестационарным турбулентным потоком воздуха. Проводится сравнение с имеющимися экспериментальными данными по числу Струхала, сопоставлением аэродинамических коэффициентов в зависимости от числа Рейнольдса.

3. **И.П. Ашаев** (гр. 6АД02, н. рук. Ф.Р. Шакирзянов). Оценка несущей способности бетонной стены с учетом биоповреждений.

Рассматривается задача оценки несущей способности бетонной стены, находящейся в агрессивной среде, которая возникает из-за жизнедеятельности различных бактерий или микроорганизмов. В результате этих воздействий с течением времени уменьшается прочность и жесткость бетона, что приводит к уменьшению несущей способности конструкции и ее долговечности. Поэтому для конструкции, находящейся в среде с повышенным количеством бактерий или микроорганизмов, необходимо знать срок ее эксплуатации и уметь определять время ее реконструкции.

Учет воздействия агрессивной среды учитывался на основе уравнения Фика. Это уравнение решается численно методом конечных разностей. При решении задачи в одномерной постановке учитывается собственный вес бетона и воздействие агрессивной среды с одной стороны стены. Составлена программа в пакете Mathematica. Проводилось исследование процесса проникновения агрессивной среды в бетон во времени. Проведены численные эксперименты и на их основе выявлены закономерности влияния агрессивной среды на прочность бетона. Получены зависимости предельной нагрузки от времени, параметра диффузии, уровня агрессивности среды и геометрических размеров стены.

4. **И.И. Бикмухаметов** (гр. 6СМ05, н. рук. В.Г. Низамеев). Исследование влияния повреждений и предьсторий нагружения железобетонного перекрытия на его НДС и несущую способность в зависимости от способа усиления.

Современная практика проектирования и строительства зданий тесно связана с реконструкцией, модернизацией или ремонтом существующего жилого и производственного фонда. В последнее время их объёмы настолько возросли, что стали сравнимыми с объёмами «нового» строительства. В данной работе предлагаются результаты исследования напряженно-деформируемого состояния (НДС) поврежденного монолитно-железобетонного балочного перекрытия. Приводятся в виде графиков влияние наиболее характерных повреждений на несущую способность перекрытия. Рассматриваются различные варианты усиления перекрытия; определяются соответствующие НДС от действующих нагрузок с учетом повреждений и предьсторий нагружения; оценивается влияние вариантов усиления на перераспределение напряжений в элементах конструкции и на несущую способность перекрытия.

5. **А.Р. Валеева** (гр. 7СМ14, н. рук. А.М. Тартыгашева). Работа тентового покрытия в ветровом потоке.

Современные тенденции в строительстве, архитектуре и других отраслях ставят задачи по обеспечению их легкими, быстровозводимыми, мобильными и адаптивными зданиями и сооружениями. Среди таких типов построек значительное место занимают сооружения с тентовыми материалами. В последнее время тентовые материалы используются в крупных объектах (ангары, спортивные стадионы и т.д.), в связи с этим увеличилось их социально-экономическое, архитектурное и градостроительное значение.

Для тентовых конструкций ветровая нагрузка является одной из основных. Под воздействием ветра происходит колебание тентового полотна и, соответственно, изменение его формы, что, в свою очередь, ведет к изменению самого ветрового потока вокруг обтекаемой конструкции. В процессе колебания тента меняются аэродинамические коэффициенты распределения ветрового давления на покрытие и нагрузки на несущие конструкции. В связи с этим важно изучить работу тентового покрытия с учетом взаимовлияния тента и ветрового потока.

6. **Г.И. Гараева** (гр. 6СМ05, н. рук. Ф.Г. Шигабутдинов). Выпучивание упругих пластин при продольном ударе.

В работе исследуется поведение упругих пластин при прямом ударе по одному из торцов. Статические уравнения равновесия и динамические уравнение поперечных движений выводятся для случая, когда пластина находится в условиях плоской деформации. На практике такой случай возникает тогда, когда пластину можно считать бесконечно длинной в направлении, перпендикулярном к направлению удара, или когда пластина имеет жесткие конструкционные ограничения по перемещениям в направлении перпендикулярном к направлению удара. В последнем случае предполагается, что трение между краевым срезом пластины и ограничителями отсутствует. Вычислены критические напряжения для пластин постоянной толщины и пластин ступенчато переменной жесткости. Края пластины, перпендикулярные направлению удара считаются шарнирно закрепленными. Результаты исследования приводятся в виде графиков

зависимостей между параметрами, характеризующими геометрические характеристики упругой пластины и критическими напряжениями.

7. **Д.В. Дунаева, А. Шербан** (гр. 6СМ05, гр. 7СМ14, н. рук. В.И. Лукашенко). Исследование сходимости определения ресурса элементов сооружения в условиях моделирования величин случайных параметров резерва прочности.

Предполагается определение ресурса на стадии проектирования сооружения как числа повторных нагружений до исчерпания резерва прочности при двусторонней толерантной оценке его величины. Учитывая случайные характеристики воздействий с одной стороны и несущей способности элементов с другой стороны, а также наличие только интервальных значений параметров, характеризующих в конечном счете, определение случайной величины резерва прочности, достоверность результатов может в значительной степени зависеть от моделирования не только распределения усилий в элементах сооружения, но и от моделирования параметров, определяющих предельную несущую способность элементов. Принятие в качестве «отказа» каждого элемента исчерпание его резерва прочности и исследование конечного числа таких элементов в условиях широкого спектра нагрузок позволяет определить минимальный ресурс сооружения как момент отказа одного из наиболее нагруженных элементов. Построение номограмм резерва прочности с различными входными данными при моделировании стационарного случайного процесса позволит анализировать достоверность и делать выводы о сходимости результатов.

8. **А.Ф. Кашафдинова** (гр. 6СМ05, н. рук. Р.А. Каюмов). Разработка методики описания процесса деградации железобетонных конструкций под влиянием солевой коррозии.

В настоящее время актуальной является проблема разработки теоретических методов оценки долговечности строительных конструкций, работающих при совместном действии силовых факторов и агрессивных сред. Цель исследования – создать математическую модель, описывающую процесс деградации бетона, находящегося под воздействием агрессивного фактора (солевого раствора), позволяющую рассчитать несущую способность в различные моменты времени и дать оценку долговечности конструкции. Рассматривается задача диффузии раствора соли в бетонной колонне. Считаем, что перенос вещества обусловлен только перепадом концентраций и описывается по закону Фика. Решение проводим в конечных разностях по времени и по координате.

Задаем некоторой аналитической зависимостью прочности бетона от концентрации солей в нем, что позволяет определить значение прочности в различных точках колонны к определенному моменту времени. В дальнейшем это дает возможность оценить снижение прочности бетона и прогнозировать падение с течением времени несущей способности железобетонной колонны, находящейся под воздействием солевого раствора.

9. **А.Ф. Кашафдинова** (гр. 6СМ05, н. рук. Н.М. Якупов). Балочно-стержневая система.

Балки является важнейшим элементом различных конструкций, в том числе строительных, машиностроительных, судостроительных и т.д. В работе исследована конструкция, состоящая непосредственно из балки, в верхней части которой прикреплен стержневая система из трех последовательно шарнирно соединенных звеньев. Рассматривается два варианта стержневой системы. В первом варианте стержневая система, в которой оси всех стержней образуют одну прямую линию, лежит на верхних волокнах балки и прикреплены в ней трех точках. Во втором варианте две вершины стержневой системы приподняты над поверхностью балки. При этом один конец стержневой системы шарнирно закреплен к опоре, а другой конец и один из центральных узлов системы шарнирно соединены к балке. Численно исследовано напряженно-деформированное состояние описанных балочно-стержневых систем от растягивающих усилий. Рассмотрены различные значения жесткостей стержней и углов наклона стержней. Выполнен анализ полученных результатов и сделаны соответствующие выводы.

10. **И.Р. Мингалиев** (гр. 6СМ05, н. рук. Ф.Г. Шигабутдинов). Устойчивость упругих ступенчатых стержней при сжатии статическими и ударными нагрузками.

Колонны ступенчато переменной жесткости находят широкое применение в строительной практике. Расчет таких колонн на устойчивость предусматривает их нагружение только статической нагрузкой. Однако при возникновении не штатных ситуаций они колонны могут испытывать продольные ударные нагрузки различной величины. В данной работе приводятся результаты решения задачи о выпучивании колонн при продольных ударных нагрузках. Колонна считается заделанной одним торцом и свободной на другом торце. Рассматривается две модели нагружения: «медленное нагружение», когда напряженное состояние по всей длине колонны устанавливается мгновенно. При «ударном нагружении» учитывается конечность скорости продольной волны нагрузки на формирование напряженного состояния по длине колонны. В последнем случае напряженное состояние в колонне меняется вплоть до потери устойчивости. Результаты решения приведены в виде графиков и таблиц для критических сил потери

устойчивости в зависимости от геометрической формы колонн и вида напряженного состояния за фронтом продольной волны нагружения.

11. **А.С. Минниханова** (гр. 6СМ05, н. рук. В.Г. Низамеев). Метод оценки физического износа и остаточного срока службы объектов культурного наследия на основании их технического состояния по результатам обследования.

В последние годы в нашей республике, также и по всей России отмечается рост государственных программ, направленных на восстановление объектов культурного наследия. Для разработки мероприятий по ремонту или восстановлению объектов обязательным является расчет их физического износа и остаточного срока службы. Однако, до настоящего времени общепринятой методики по оценке зданий-памятников не разработано. На основании анализа результатов технического обследования многочисленных объектов культурного наследия, расположенных в городе Казани, в Московской и Смоленской областях, исследован процесс (закономерность) накопления повреждений в строительных конструкциях. Построены графики физического износа различных строительных конструкций по имеющимся параметрам их технического состояния на моменты обследования. Для расчета физического износа здания введены коэффициенты значимости (удельного веса конструкций и их элементов), значения которых рассчитаны, базируясь в частности на данных по их восстановительной стоимости. Изучено влияние различных способов реконструкции и капитального ремонта на сроки службы зданий.

12. **Р.Н. Николаев** (гр. 7СМ14, н. рук. Р.А. Шакирзянов). Анализ динамического поведения жилого здания под воздействием сейсмической нагрузки.

Как известно, некоторые зоны Республики Татарстан, и в частности немалая часть территории г. Казани, по инженерно-геологическим условиям относятся к сейсмоопасным с расчетной интенсивностью до 7 баллов. В то же время здесь наблюдается тенденция к увеличению этажности жилых зданий. Поэтому изучение динамического поведения высотных жилых зданий под воздействием сейсмических нагрузок с проведением соответствующих расчетных исследований, получение определенных рекомендаций и принятие конструктивных решений по обеспечению их сейсмостойкости является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка методики расчета и расчетные исследования многоэтажного жилого здания, пространственная жесткость и устойчивость которого в различных направлениях обеспечивается диафрагмами жесткости и пилонами. Анализ сейсмостойкости такого ответственного сооружения будет основываться на современных принципах динамики и антисейсмического строительства.

ТРЕТЬЕ ЗАСЕДАНИЕ

21 апреля, 9.00, ауд.4-127

1. **А.А. Спицина** (гр. 6АП01, н. рук. Д.Е. Страхов). Влияние различных температур на прогнозирование деформации во времени композитных материалов.

Современная техника не может существовать без производства композитных материалов и изделий из них. Непрерывное улучшение свойств и показателей композитных материалов, сказывается на технологиях и методах проведения испытаний. Различные отрасли промышленности постоянно создают и внедряют инновационные композитные материалы, зачастую без должных исследований их деформаций и влияния различных агрессивных сред на поведение таких композитов в течении длительного периода времени. Довольно часто встречаются комбинации различных неблагоприятных факторов способных привести композитный материал в состояние, не отвечающее предъявляемым к нему конструктивным требованиям. Разработана методика экспериментального определения деформативных характеристик полимерных материалов. Построены экспериментальные зависимости деформации от времени при разных температурах и нагрузках с соответствующими регрессионными функциями.

2. **Р.Э. Сулейманов** (гр. 6СМ05, н. рук. Р.А. Каюмов). Оценка эксплуатационной долговечности строительных конструкций из стеклопластика при ползучести.

Изучение новых строительных конструкционных материалов является интересной и важной задачей нашего времени. Стеклопластик в строительстве стал применяться относительно недавно. Для объемного его применения необходимо проанализировать поведения конструкций из стеклопластика при наличии ползучести. В соотношениях вязко-упругости используется ядро ползучести Абея. Рассматриваются примеры решения задач колонны на сжатие и балки на изгиб с учетом перерезывающих сил. Проводятся натурные эксперименты стеклопластиковых пластин на трехточечный изгиб. Вертикальную нагрузку заменяет клин, расположенный между опорой и стеклопластиковой пластиной. Решается задача определения вязко-упругих характеристик стеклопластика из данного эксперимента.

По полученным результатам создается методика определения деформаций строительных конструкций из стеклопластика. Приводятся результаты тестирования программы обработки экспериментов и расчета изгиба балки.

3. М.Н. Сунгагуллина (гр. 6АП01, н. рук. Д.Е. Страхов). Объемные конечные элементы при моделировании реконструируемых зданий сложной конфигурации

В большинстве современных расчетов, по определению усилий в несущих элементах конструкций, используют стержневые и пластинчатые элементы. Использование таких элементов позволяет с достаточной точностью определять внутренние усилия в элементах, при достаточно малом соотношении габаритов сечения к длине конструктивного элемента. При этом, существует определенная область практических задач в которых пластинчатые и стержневые элементы недостаточно полно отражают напряженно-деформированное состояние исследуемых конструкций. К таким задачам можно отнести задачи, в которых габариты сечения сопоставимы с длинами элементов и задачи с ортотропными материалами. При нестандартной конфигурации реконструируемых зданий их моделирование представляет собой достаточно сложную задачу, с необходимостью применения программных комплексов, способных адекватно отражать работу конструктивных элементов. В работе, для точного и детального анализа поведения несущего остова здания Пожарной каланчи в городе Сарапул, использовались объемные конечные элементы. Данный подход к решению поставленной задачи, был продиктован ортотропным материалом кирпичной кладки и довольно габаритными поперечными сечениями исследуемых элементов. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния несущей системы здания.

4. Л.И. Хасанова, И.И. Бикмухаметов, (гр. 6СМ05, н. рук. Н.М. Якупов, Х.Г. Киямов). Распределение напряжений в области крепления стержня от растягивающих усилий.

Для обеспечения безопасной работы конструкций и сооружений необходимо как можно точнее определять напряженно-деформированное состояние элементов конструкций. Особое внимание надо уделять области крепления рассматриваемого элемента к общей системе. Вопросы распределения напряжений в области креплений относительно мало изучены. В этих областях могут возникнуть значительные концентрации напряжений, являющиеся предвестником разрушения. Развитие современных методов расчета и рост возможностей вычислительной техники позволяет уточнять расчетные схемы. Все это позволяет более точно оценивать напряженно - деформированное состояние элементов конструкций и сооружений. Численно исследовано напряженно-деформированное состояние стержня от растягивающих усилий при различных значениях коэффициента Пуассона, а также при наличии локального дефекта в области крепления. Отмечена, что в зоне крепления возникает концентрация напряжений в области ребер. Наличие локального дефекта в этой области приводит к существенному росту величины концентрации напряжений.

5. Г.В. Филюшина (гр. 6АП01, н. рук. Д.Е. Страхов). Исследование усиления структурного покрытия, реконструируемого помещения, выполненного из равнополочных уголков.

В практике проектирования пространственных систем наибольшее распространение, благодаря пространственной геометрической неизменяемости и одинаковым длинам ребер, получили конструкции на основе тетра-кубооктаэдрической группы. Основные, используемые для стержневых пространственных конструкций тетраэдр и октаэдр, которые называют структурами кристаллов. Проведя сечение тетраэдра плоскостями, проходящими через середины его ребер, получим октаэдр – второй исходный многогранник системы. На основании данных принципов построены структурные покрытия, техническая идея которых состояла в создании металлических конструкций с максимальной унификацией элементов заводского изготовления, отличавшихся простотой сборки на строительной площадке, малым весом основных элементов, пространственной работой, отсутствием элементов, отказ которых мог бы привести к обрушению или прогрессирующему разрушению. В работе исследовалось структурное покрытие, с определенными отклонениями опорных площадок. Выполнен анализ вариантов усиления элементов конструкции, с помощью программного комплекса Лира-САПР.

6. Г.Ф. Хазиева (гр. 6СМ05, н. рук. И.З. Мухамедова). Методика оценки несущей способности опорных ребер в виде листовых консолей.

Разработана методика оценки несущей способности тонкостенных листовых ребер с использованием современных численных методов на основе метода конечных элементов. Построена расчетная модель опорного ребра на устойчивость в геометрически нелинейной постановке с учетом физической нелинейности на основе программного комплекса «ЛИРА САПР 2014». Решены модельные задачи. Методика и модель оттестированы на задаче об изгибе балки. Исследована сходимости задачи в зависимости от варьирования количества конечных элементов. Проведены численные эксперименты для выявления закономерностей влияния геометрических и физических характеристик, а также условий закрепления по контуру тонкостенной листовой

консоли на критическую нагрузку. Численные эксперименты приведены в виде графиков и таблиц.

7. **А.Р. Хасанов** (гр. 6СМ05, рук. Т.К. Хамитов). Динамическое выпучивание упругого стержня при продольном ударе.

Рассмотрено динамическое выпучивание шарнирно опертого упругого стержня при внезапном приложении на ударяемом торце постоянной продольной силы. Уравнения продольно-поперечных движений интегрируются раздельно: сначала решается уравнение продольных колебаний, затем решение уравнения поперечных движений сводится к бесконечной системе обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. Исследуются формы поперечных движений в зависимости от нескольких факторов: величины приложенной силы, начальных несовершенств и времени пробега продольной волны сжатия вдоль стержня. Решение систем уравнений проводилось в пакете Mathematica. Чтобы судить о сходимости вычислений, в системе брались восемь и десять уравнений, результаты практически совпадают. Изучается также влияние неоднородности сжимающей силы по длине стержня.

8. **Р.Ф. Шарипова** (гр. 7СМ14, н. рук. В.Г. Низамеев). Оценка несущей способности железобетонной балки на упругом основании методом теории предельного равновесия.

В строительной практике часто встречаются балочные элементы конструкций, лежащие на упругом основании. Расчет балки на упругом основании в строгой постановке сводится к решению контактной задачи между конструкцией и основанием. Сложность решения контактных задач в строгой постановке общеизвестна и существующие на сегодняшний день методы расчета не всегда совершенны и не дают ответов на множество вопросов, возникающих при расчёте строительных конструкций. В данной работе предложена методика оценки несущей способности железобетонной балки, лежащей на упругом Винклеровом основании по теории предельного равновесия. Методика учитывает геометрическую нелинейность деформирования перед наступлением предельного состояния. Рассмотрена балка конечной длины под воздействием параметрической сосредоточенной силы и постоянной равномерно распределенной нагрузкой. Выявлена специфика деформирования балки, вызванная образованием пластических шарнира. Исследованы влияние геометрических параметров, армирования балки, а также физико-механических характеристик грунтов основания на несущую способность балки. Полученные результаты представлены в виде графиков.

9. **А.В. Шербан** (гр. 6СМ05, н. рук. А.В. Гумеров). Расчет аэродинамической нагрузки на поперечное сечение сооружения методом дискретных вихрей.

Рассматривается обтекание сечения сооружения (прямоугольника) идеальной несжимаемой средой известным методом дискретных вихрей. Контур прямоугольника заменяется системой присоединенных дискретных вихрей, между которыми располагаются контрольные точки. Интенсивности присоединенных вихрей определяются из условия не протекания в контрольных точках и равенства нулю суммарной циркуляции. В каждый последующий момент времени с кромок происходит срыв присоединенных вихрей имитирующих отрывное течение. Свободные вихри движутся с местной скоростью течения. Для получения вихревой дорожки Кармана вводится несимметричность в вихревом следе в виде смещения свободных вихрей, образованных на одной из кромок прямоугольника, вниз по течению. По интегралу Коши-Лагранжа определяются нестационарные распределенные и суммарные аэродинамические характеристики обтекаемого контура. Составленная программа на языке C++ позволяет рассчитывать обтекание заданного прямоугольника под любыми углами атаки. В программе визуализируется движение оторвавшихся вихревых структур за контуром, что облегчает толкование распределения нагрузки. Как правило, на подветренной стороне контура в некоторых случаях происходит проникновение оторвавшихся вихрей внутрь контура прямоугольника, для предотвращения последнего необходимо использовать конформное отображения окружности на прямоугольник.

10. **Р.М. Сабируллин** (гр. 7СМ14, н. рук. Л.Р. Хайруллин) Рациональное размещение компенсирующих устройств в пространственных стержневых системах.

Пространственные стержневые системы являются статическими неопределимыми, поэтому возникает проблема неравномерного распределения усилий в стержнях, и вследствие этого перенапряжение одних элементов и недонапряжение других. Критерием отказа конструкции является отказ одного наиболее нагруженного элемента, хотя вся система в целом еще имеет некоторый ресурс. Решением этой проблемы могут являться компенсирующие устройства. В данной работе решается задача рационального размещения компенсирующих устройств, с учетом напряженного состояния стержневой системы. Рассматривается конструкция трибун собранных из стержней фирмы Layher, по результатам статического расчета которой выявляются наиболее нагруженные элементы, с учетом их несущей способности. Рациональное размещение компенсирующих устройств определяется путем вариации мест их размещения и величины компенсирующего перемещения.