

Секция СТРОИТЕЛЬСТВО  
Подсекция ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

РАЗРАБОТКА САПР ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ  
РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ФОРМ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
РАСХОДОВ

А.В. Барышников - студент, И.В. Харламов – к.т.н., профессор, В.В. Соколова – к.т.н.,  
доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова  
(г. Барнаул)

Современное проектирование стальных строительных конструкций должно отвечать необходимому уровню качества, что определяются соответствием конструкции эксплуатационному назначению, надежностью и экономичностью конструкции.

При этом важна не только экономичность конструкции на стадии проектирования, но и на стадии эксплуатации.

При разработке проекта и сравнении его с другими вариантами необходимо стремиться к минимизации затрат на изготовление, транспортировку и монтаж конструкции, на что чаще всего и обращается внимание. Однако, выбрав наиболее экономичную конструкцию, после ее возведения и эксплуатации в течении определенного времени может оказаться так, что она будет менее выгодна, чем те варианты, с которыми она сравнивалась. Это объясняется тем, что для различных конструкций затраты на их содержание отличаются, что обусловлено проведением ремонтных и восстановительных работ.

После 2—10 лет эксплуатации в агрессивной среде стоимость капитальных ремонтов строительных металлических конструкций начинает превышать капитальные вложения. Значителен и дополнительный расход металла (около 7 % объема эксплуатируемых металлоконструкций) на восстановление или замену вышедших из строя конструкций. [1]

Учитывая широкое внедрение методов вариантного проектирования и оптимизации при решении задач компоновки конструкций и сооружений, выбора типа узлов и соединений, материалов и сечений металлопроката, следует отметить недостаточный уровень технико-экономического обоснования средств и методов антикоррозионной защиты с учетом режима эксплуатации промышленных объектов. В связи с чем актуальной является задача создания универсальной САПР, предназначенной для анализа и расчета экономических расходов на изготовление и дальнейшую эксплуатацию конструкций.

В качестве рассматриваемых объектов могут быть все здания и сооружения гражданского, общественного и промышленного назначения, содержащие металлические конструкции, которые включают плоские и стержневые элементы, подвергающиеся коррозионному разрушению.

Последовательность задач, решаемых разрабатываемой САПР, отображена в маршруте проектирования, представленном на рисунке 1.

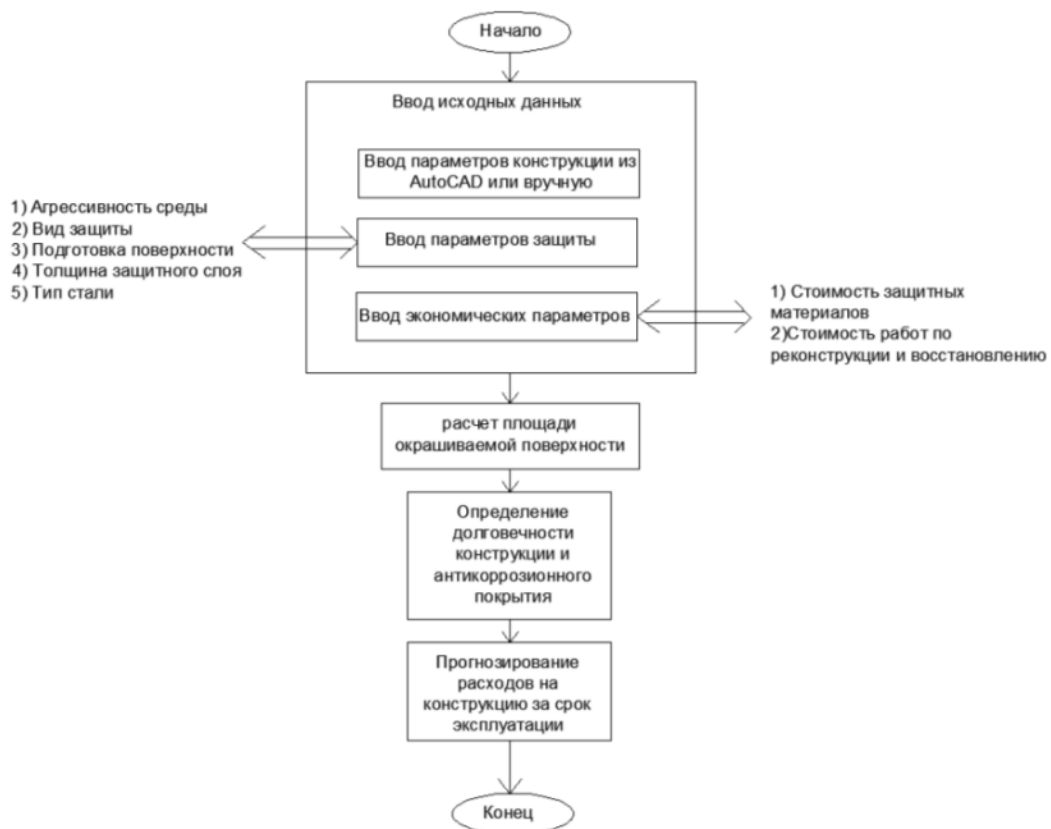


Рисунок 1 - Укрупненный маршрут проектирования

Первоочередной задачей является получение тех данных, на основе которых будет выполняться анализ.

На данном этапе разработки САПР был реализован ввод геометрических данных элементов рассматриваемой конструкции и расчет площади окрашиваемой поверхности. Исходными данными для ввода являются чертежи конструкций – уже распечатанные в бумажном виде или хранящиеся в файлах в формате AutoCAD. Ввод данных для стержней и пластин осуществляется в таблицы в одном из двух режимов: ручном (для распечатанных чертежей) и автоматизированным (для чертежей в формате AutoCAD).

Преимущество, конечно, надо отдать режиму ввода данных из среды AutoCAD. Для реализации этого режима были разработаны программные средства, обеспечивающие получение необходимых данных с чертежей в системе AutoCAD, что позволяет автоматически определить длины и площади элементов средствами AutoCAD и передавать их в разрабатываемую систему.

Перед вводом пластин и стержней необходимо задать, масштаб, который может быть как одинаковым по вертикали и по горизонтали, так и различным.

При вводе стержней в программу заносятся такие значения, как:

- Номер элемента, соответствующий номеру элемента на чертеже;
- Длина элемента, которая может быть указана вручную или из чертежа AutoCAD выбором начала и конца стержня;
- Угол наклона стержня к горизонту, который определяется автоматически через AutoCAD, и в случае необходимости может корректироваться вручную;
- Тип сечения элемента. В программе представлены несколько основных типов сечений, а так же возможность конструирования составных сечений.
- Сечение. Выбор профилей элементов осуществляется из созданных в системе баз данных.
- Количество таких элементов;
- Сталь стержня.

В системе также имеется возможность создания произвольного составного профиля, для которого по разработанным алгоритмам определяются площади поверхностей, необходимых для выполнения анализа: доступные, труднодоступные и недоступные для повторного окрашивания.

Окно для создания произвольного составного профиля представлено на рисунке 2.

Большое внимание было уделено максимальной автоматизации при определении площадей создаваемых профилей. Расчет происходит по сложному разветвленному алгоритму, который определяет, какие поверхности доступны для повторной покраски, труднодоступны и не доступны.

Кроме этого в некоторых случаях нужно будет вручную отредактировать полученные результаты, что осуществляется последовательным перебором и корректировкой всех участков.

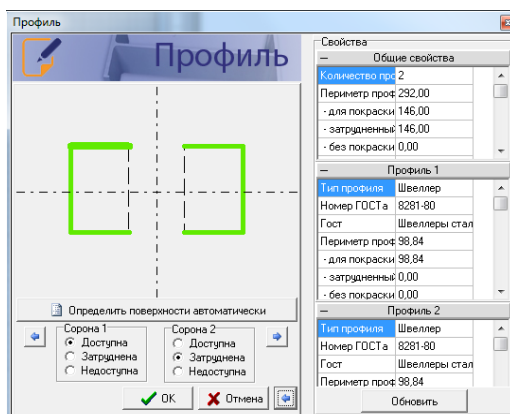


Рисунок 2 - Окно определения типов поверхностей составного профиля

При вводе пластин в программу заносятся такие значения, как: номер элемента, соответствующий номеру элемента на чертеже; площади поверхностей пластины; угол наклона к горизонту; толщина пластины; количество таких пластин; сталь пластины.

Для пластин и стержней также необходимо задать их взаимное примыкание, так как это играет большую роль в долговечности конструкции. Области примыкания элементов учитываются как замкнутые поверхности, и в расчете долговечности покрытия для этих зон вводится свой коэффициент.

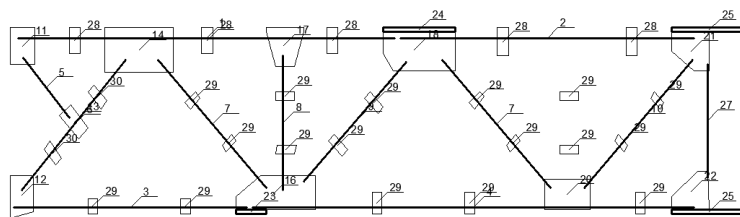
При вводе примыканий элементов заносятся такие значения, как: номер зоны примыкания; площадь зоны примыкания; указывается примыкающие элементы; тип поверхностей примыкающих элементов.

После ввода данных всех элементов необходимо задать параметры антикоррозионной защиты: информацию о том, какие поверхности каждого элемента будут окрашиваться при первом нанесении антикоррозионного покрытия и при последующих их обновлениях; параметры самой защиты: способ защиты (лакокрасочные покрытия, металлизированные, комбинированные и без защиты) и его параметры.

Элементы конструкций, которые будут перекрашиваться в одно время, образуют группу. Для разбиения элементов на группы задается период разбивки. Время, через которое обновляется антикоррозионная защита, вычисляется как минимальный период службы из всех элементов, входящих в эту группу.

В САПР формируются чертежи, которые включают в себя схемы конструкции с выделенными элементами разных групп, что дает возможность наглядно увидеть, какие элементы и через какой период будут окрашиваться. Пример таких схем изображен на рисунке 3.

Первоначальная перекраска через 2,69 лет. Повторная через 2,42 лет.



Первоначальная перекраска через 6,53 лет. Повторная через 5,88 лет.

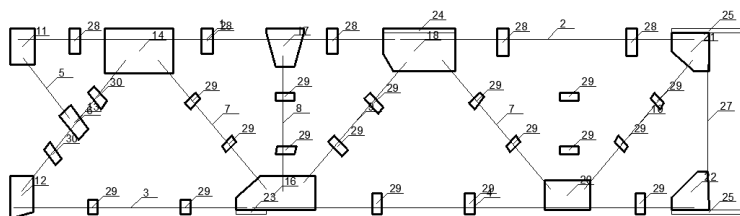


Рисунок 3 - Схемы возобновления лакокрасочного покрытия

В дальнейшем необходимо будет определить технико-экономические параметры конструкции, которые позволят сравнить одно или несколько конструктивных решений с различными способами защиты.

Список литературы

1. Кикин А.И. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Стройиздат, 1984.-3012с., ил.
2. Горохов Е.В. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции. . – М.: Стройиздат, 1994. – 488 с.
3. СНиП 2.03.11-85 “Защита строительных конструкций от коррозии”, -М. 1985.

## РАСЧЕТ ФЕРМ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Жугин А.С. – студент, Кикоть А.А.- к.т.н., доцент, Корницкая М.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Применение легких металлических конструкций (ЛМК) - приоритетное направление строительства, т. к. позволяет снизить вес монтируемых элементов, трудоёмкость изготовления и монтажа, а значит уменьшить стоимость строительства. ЛМК могут выступать в качестве несущих элементов (стропильные балки, фермы).

В России такие фермы не получили широкого распространения ввиду отсутствия соответствующих норм проектирования. В мире при проектировании конструкций из тонкостенных профилей используют Европейские нормы [1] или нормы США [2].

Для расчета подобных программ имеются следующие программные системы:

- «Статика», разработанная Российской компанией ООО “Техсофт”, позволяет рассчитывать конструкции из тонкостенных профилей. Недостаток – высокая стоимость.
- «CFS Version 6.0», разработанная в США. Программа рассчитывает конструкции из тонкостенных элементов с учетом норм проектирования США [2]. Недостаток – нормы США [2] не действуют на территории Российской Федерации, а также для расчета необходимо вводить большое число исходных данных.

Небольшое количество программ по расчету ферм из легких стальных тонкостенных профилей (ЛСТП) сохраняет актуальность разработки подсистем, выполняющих расчет с учетом особенностей работы тонкостенных элементов.

В данной работе предлагается программа «Delta 1.0», разработанная для расчета ферм, представленных на рисунке 1.

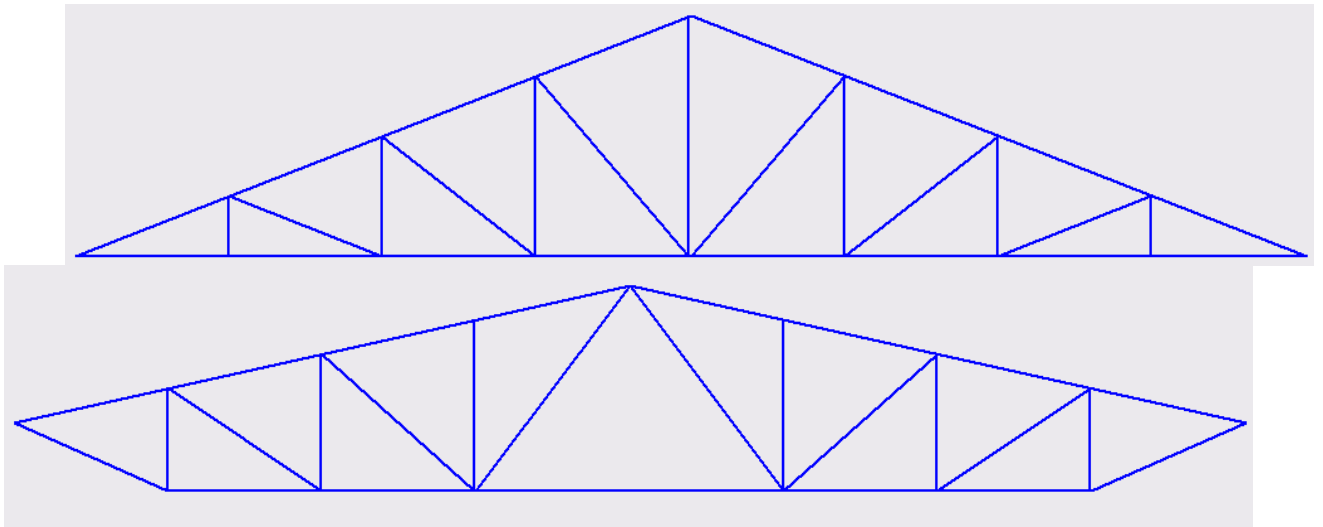


Рисунок 1 - Фермы из ЛСТП

Пояса ферм из ЛСТП выполняются из спаренных профилей, в качестве решетки могут быть как одиночный, так и спаренный профиль, как показано на рисунке 2.

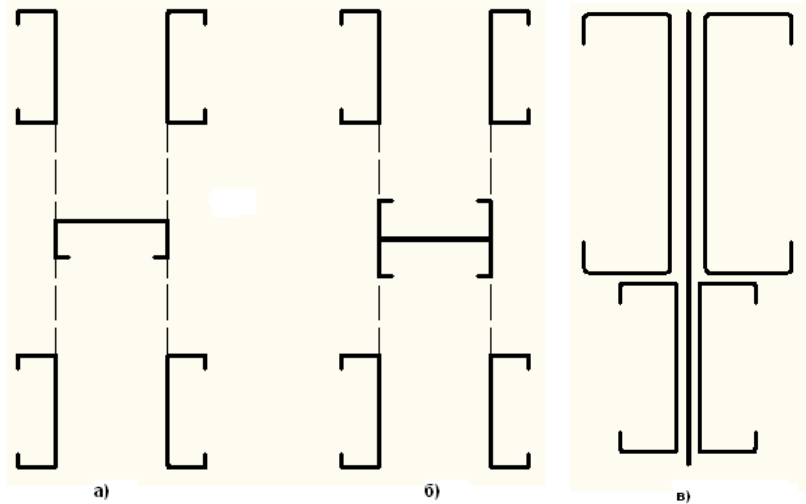


Рисунок 2 - Конструкция поясов и решетки ферм из ЛСТП: а) Ферма, пояса которой состоят из двух спаренных С-профилей, решетка – одиночный С-профиль; б) Пояса и решетка фермы выполнены из спаренных С-профилей; в) Ферма на фасонках, пояса и решетка выполнены из спаренных С-профилей

В программе предоставляется возможность использовать три вида профиля: С-профиль, Сигма-профиль, С-профиль с рифом, представленные на рисунке 3.

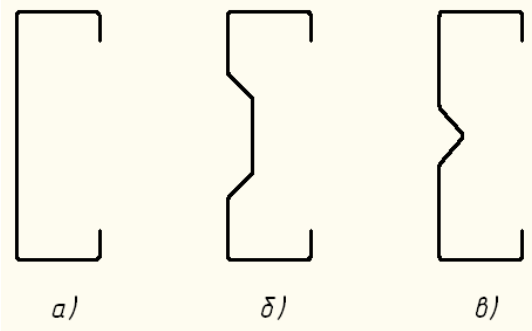


Рисунок 3 - Профили для стержней ферм из ЛСТП:

а) С-профиль; б) Сигма-профиль; в) С-профиль с рифом

Методика расчета ферм из тонкостенных холодногнутых профилей аналогична методике расчета обычных ферм, отличием является учет редуцирования сечения согласно Европейским нормам [1].

Для выполнения расчета, необходимо создать расчетную схему и загрузки, а также, если ферма без фасонки, заполнить таблицу расцентровки узлов. Затем выполнить статический и конструктивный расчеты.

Стержни, работающие на центральное растяжение (сжатие), следует рассчитывать на прочность, устойчивость и проверить их гибкость.

Внецентренно-сжатые (сжато-изгибаемые элементы) необходимо рассчитывать на прочность, устойчивость в плоскости фермы и устойчивость из плоскости фермы.

Последовательность расчета, с использованием программы «Delta 1.0» включает следующие этапы:

а) ввод пользователем исходных данных (создание расчетной схемы, настройка путей доступа);

б) автоматическое формирование программой «Delta 1.0» исходных данных для программы «Alfa»;

в) статический расчет фермы в программе «Alfa»;

г) конструктивный расчет фермы (расчет по 1 и 2 группе предельных состояний с учетом особенностей работы тонкостенных элементов);

д) вывод результатов (результаты проверочных расчетов, автоматическое создание заготовок чертежей в среде AutoCad).

В разработанной программе обеспечен ввод исходных данных с возможностью визуального контроля (ввод опорных креплений, задание жесткостных характеристик, создание загрузок, указание связей по поясам). Кроме того, диалоговый режим удобен для пользователя тем, что позволяет проверять данные на корректность.

Итогом работы программы являются текстовый отчет о результатах проверочных расчетов и заготовки чертежей в AutoCad.

В качестве основного языка программирования был выбран Delphi 7, ввиду своих преимуществ: быстрота разработки приложения, высокая производительность разработанного приложения, возможность полного доступа к функциям Windows, наличие визуальных компонентов.

Для разработки прикладного программного обеспечения использовались:

- система AutoCAD (создание чертежей);

- программа Alfa (расчет методом конечных элементов), разработанная на кафедре строительных конструкций АлтГТУ;

- библиотека .dll для выполнения редуцирования сечения согласно Европейским нормам [1], которую разработал к. т. н., доцент кафедры строительных конструкций, Кикоть А.А.

Преимущества использования программы «Delta 1.0»:

- удобный ввод исходных данных с возможностью визуального контроля;

- автоматический учет особенностей работы стержней ферм из ЛСТП согласно Европейским нормам [1];

- возможность учета расцентровки узлов фермы;

- выполнение конструктивных расчетов согласно нормам Российской Федерации [3];

- автоматизированное формирование файла отчета и заготовок чертежей;

Список литературы

1. Eurocode 3: Design of steel structures. EN 1993-1-3: 2004 Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. CEN. European Committee for Standardisation. 2004.

2. North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members. AISI STANDART. 2001.

3. СНиП II-23-81. Стальные конструкции. Нормы проектирования.

## ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Д.Н. Кондауров – студент, С.А. Кулигин - к.т.н., доцент, О.В. Дремова – ст. пр.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время железобетонные конструкции очень широко применяются в гражданском и промышленном строительстве. С течением времени возникает вопрос о ремонте и усилении железобетонных конструкций.

В практике реконструкции промышленных зданий и сооружений часто возникает необходимость усиления конструкций и их отдельных элементов. Необходимость усиления основных несущих элементов зданий (фундаментов, колонн, подкрановых балок) может быть вызвана следующими причинами:

- увеличением нагрузок на них в результате замены либо усилением вышерасположенных конструкций (перестройка помещений, надстройка зданий);

- модернизацией технологического оборудования в реконструируемом здании, изменением технологических процессов;

- эксплуатационным износом (потерей несущей способности от воздействия динамических и вибрационных нагрузок, агрессивной воздушной среды и т. п.);

- приобретенными конструктивными дефектами, возникшими в результате неправильной эксплуатации конструкций, разбрызгивания и разлива агрессивных жидкостей;

- случайными повреждениями (выходом из строя отдельных конструктивных элементов при демонтаже, транспортировке и установке технологического оборудования).

Различные сочетания причин необходимости усиления, а также тип и состояние строительных конструкций промышленных предприятий обуславливают, применение различных способов усиления.

В дипломном проекте рассмотрены следующие виды усиления

### 1. Усиление подведением дополнительной опоры:

- подведение упругой опоры,
- подведение жесткой опоры:
  - с предварительным разгрузением конструкции,
  - без предварительного разгрузения.

### 2. Усиление наращиванием:

- одностороннее наращивание,
- двухстороннее наращивание,
- двухстороннее наращивание с переармированием сжатой зоны.

### 3. Усиление железобетонной обоймой.

### 4. Усиление предварительно напряженными затяжками.

Варианты усиления приведены на рисунке 1.

Методика расчета усиленных железобетонных элементов аналогична методике расчета обычных железобетонных элементов, отличием является учет средств дополнительного усиления.

Расчет производится по I и II группам предельного состояния.

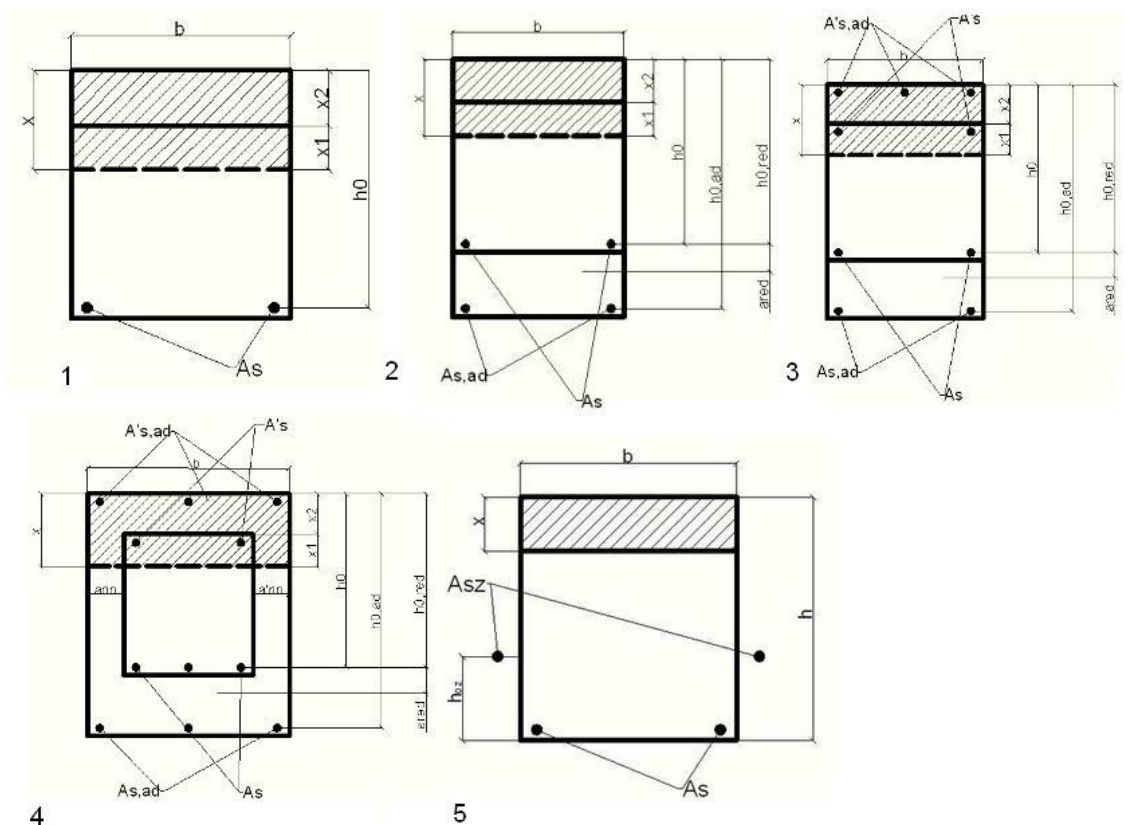


Рисунок 1 - Варианты усиления балок прямоугольного сечения:

- 1) Одностороннее наращивание; 2) Двухстороннее наращивание; 3) двухстороннее наращивание с перearмированием сжатой зоны; 4) усиление железобетонной обоймой; 5) усиление предварительно напряженными затяжками

Маршрут проектирования.

- Ввод пользователем исходных данных (геометрические характеристики элемента, характеристики материалов элемента (бетон, арматура), данные о нагрузке и характере использования элемента, настройка путей доступа)

- Выбор варианта усиления с последующим вводом дополнительных данных (характеристики материалов усиления и др.)

- Вывод результатов (результаты расчетов, автоматическое создание заготовок чертежей в среде AutoCAD).

К аналогам данного программного продукта можно отнести:

1. Расчетный комплекс SCAD, приложение АРБАТ. Основные недостатки: нет конкретного алгоритма усиления, цена программного продукта 6240руб.
2. ЭСПРИ (Электронный СПРавочник Инженера), раздел «Железобетонные конструкции» (пакет из 9 программ). Основные недостатки: рассмотрен только вариант усиления композитными материалами, цена программного продукта 19 360руб.

Функциональные возможности программы.

Диалоговый режим работы наиболее удобен для пользователя, т.к позволяет при вводе исходных данных проверять их на корректность.

В разработанной программе обеспечен ввод исходных данных с возможностью визуального контроля (ввод геометрических характеристик балки, задание характеристик материалов, нагрузок).

Результатом работы программы является текстовый отчет о результатах проверочных расчетов и возможность автоматического создания заготовок чертежей в AutoCAD.

В качестве основного языка программирования был выбран Delphi 7, ввиду своих преимуществ: быстрота разработки приложения, высокая производительность



разработанного приложения, возможность полного доступа к функциям Windows, наличие визуальных компонентов.

В качестве прикладного ПО выступает AutoCAD (создание заготовок чертежей).

#### Список литературы

1. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Атлас схем и чертежей. Томск. Томский межотраслевой ЦНТИ. 1990. 316с.
2. НИИЖБ - Рекомендации по проектированию усиления ЖБК зданий и сооружений реконструируемых предприятий (1992)-М.:Стройиздат, 1992.-193с.
3. Голышев А.Б., Кривошеев П.И., Козелецкий П.М. “Усиление несущих железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований”.-К.: Логос, 2004.-219с.

### ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ПОДВИЖНЫХ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОВЕДЕНИЯ СЛОЖНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О.В. Дремова – аспирант

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Исследование закономерностей механического поведения геологических сред, построение моделей и методов расчета процессов деформации и разрушения является актуальной задачей механики и геомеханики. Математическое описание поведения геологических сред важно для понимания процессов, происходящих в них под действием нагрузок, и прогноза их поведения в различных условиях. Решение данной задачи представляет интерес не только с научной, исследовательской точки зрения, но также актуально в строительстве, для обеспечения безопасности наземных и подземных сооружений, прогноза и предотвращения аварийных ситуаций. Такие исследования имеют большое значение для объяснения механизмов и условий протекания геомеханических процессов, а также проверки гипотез о структуре, напряженном состоянии рассматриваемой области и предсказания дальнейшего поведения среды.

Основные требования, которые должны учитываться при разработке модели грунта:

- реальное представление механизма деформирования грунта;
- использование параметров, которые могут быть определены из стандартных лабораторных испытаний;
- общность и простота использования модели с вычислительной точки зрения.

Однако удовлетворить всем этим требованиям одновременно практически невозможно. Если первые модели были достаточно просты и включали параметры, которые легко определяются из стандартных испытаний, то последующие, более реально отражающие поведение грунта под нагрузкой, требуют дополнительных параметров и сложны при численной реализации. Фактически погоня за качеством привела не только к усложнению решений, но и снижению их эффективности, так как более сложные модели редко используются при практическом решении инженерных задач.

Исторически развивалось два принципиально различных подхода к описанию поведения сред — *континуальный* и *дискретный*. В рамках первого подхода исследуемый объект представляется как некий континуум, в рамках второго — как множество взаимодействующих частиц. Возможность аналитического описания решений в виде дифференциальных уравнений определила преимущественное развитие континуального подхода. Для численного моделирования на его основе были разработаны многочисленные пакеты прикладных программ.

Однако в последнее время, благодаря увеличению мощности компьютерной техники, стали интенсивно развиваться методы, основанные на дискретном подходе. Классические методы дискретного моделирования можно условно разделить на два класса метод частиц и метод клеточных автоматов.

*Метод частиц* основан на подходе Лагранжа и рассматривает движение индивидуальных частиц в пространстве. В последние 15—20 лет появились работы, в которых метод частиц использовался для описания различных сред, в том числе гранулированных и сыпучих. Но фактически все эти работы были основаны на методе и уравнениях движения молекулярной динамики, с добавлением уравнений для моментов. В рамках этого подхода информация о взаимодействии частиц (в том числе атомов) передается в радиусе ближайших соседей за один шаг интегрирования уравнений движения, т.е. практически мгновенно. Если для описания поведения систем на атомном уровне это обосновано в рамках адиабатического приближения, то для частиц на мезо- и макроуровнях это является приближением и влечет за собой использование искусственных приемов при интегрировании уравнений движения. Таким образом, подходы, основанные на классических уравнениях движения Ньютона—Эйлера, хотя и включают в себя уравнения для моментов, фактически описывают поведение точечных масс.

*Метод клеточных автоматов* основан на Эйлеровом подходе и изучает изменение во времени свойств элементов неподвижной пространственной сетки в зависимости от состояния окружающих элементов.

В основе дискретных методов, базирующихся на идее клеточных автоматов, лежит представление материалов или сред как сети из элементов, меняющих свое состояние в дискретные моменты времени по определённым правилам в зависимости от того, каким было состояние самого элемента и его ближайших соседей в предыдущий момент времени. Набор возможных состояний автомата конечен и описывается дискретной величиной. Эволюция системы автоматов определяется правилами перехода между состояниями, а не дифференциальными уравнениями.

Если сравнивать клеточные автоматы и обыкновенные дифференциальные уравнения, то одно из основных отличий первых от вторых заключается в локальности правил, с помощью которых описывается динамика системы. В случае применения дифференциальных уравнений мы пользуемся некоторыми правилами изменения усредненных по всей системе величин. При этом изначально полагают, что такие правила существуют. В случае клеточных автоматов существование таких обобщенных правил необязательно. Достаточно знать законы развития системы на микро- или мезоуровне в небольших пространственных областях (ячейках), из которых состоит макросистема.

Основными свойствами классической модели клеточных автоматов являются:

- *локальность правил*: на новое состояние клетки могут влиять только элементы её окрестности и, возможно, она сама;
- *однородность системы*: ни одна область решётки не может быть отличена от другой по каким-либо особенностям правил и т. п.;
- множество возможных состояний клетки — *конечно*. Это условие необходимо, чтобы для получения нового состояния клетки требовалось конечное число операций;
- значения во всех клетках меняются *единовременно*, в конце итерации, а не по мере вычисления.

Важный шаг в дальнейшем развитии метода клеточных автоматов и его приложений к описанию процессов упругопластической деформации и разрушения был сделан в работах Псахье С.Г. с сотрудниками путем перехода к гибридным моделям, объединяющим идеи и преимущества метода молекулярной динамики и методов клеточных автоматов. Развитый на этой основе метод был назван *Методом подвижных клеточных автоматов* (МСА, от англ. *Movable cellular automaton*). Применение этого метода позволило перейти к описанию поведения сложных механических систем, элементы которых способны к пространственному перемещению. Особенности расчета сил взаимодействия между подвижными клеточными автоматами позволяют описывать в рамках единого подхода поведение как гранулированных, так и сплошных сред. Так, при стремлении характерного

размера автомата к нулю формализм метода МСА позволяет перейти к классическим соотношениям механики сплошной среды.

В рамках метода МСА объект моделирования описывается как набор взаимодействующих элементов/автоматов. Динамика множества автоматов определяется силами их взаимодействия и правилами для изменения их состояния. Эволюция этой системы в пространстве и во времени определяется *уравнениями движения*. Силы взаимодействия и правила для связанных элементов определяются *функциями отклика автомата*. В течение движения автомата, рассчитываются следующие новые параметры клеточного автомата:  $R^i$  — радиус-вектор автомата;  $V^i$  — скорость автомата;  $\omega^i$  — угловая скорость автомата;  $\theta^i$  — вектор поворота автомата;  $m^i$  — масса автомата;  $J^i$  — момент инерции автомата.

По сравнению с методом классических клеточных автоматами в методе МСА не только единичный автомат, но и также *связи автоматов могут переключаться*. Подвижные клеточные автоматы активно меняют своих соседей за счет разрыва существующих связей между автоматами и образования новых связей.

Вследствие мобильности каждого автомата МСА-метод непосредственно позволяет учитывать, например, такие процессы, как перемешивание масс, эффекты проникания, интенсивные деформации, накопление повреждений, генерацию и развитие трещин и так далее. Используя граничные условия различного типа (жесткие, упругие, вязкоупругие и т.д.), можно имитировать различные свойства окружающей среды, содержащей моделируемую систему.

Таким образом, при исследовании макроскопических свойств физических систем, возможно исследовать «микроскопическую динамику» некоторой имитирующей среды, имеющей более грубую микроскопическую, но ту же самую макроскопическую динамику, что и исследуемая система. Этот путь и есть путь моделирования методом клеточных автоматов, при котором возможно моделирование систем, макроскопические уравнения движения которых, не известны. Размеры и свойства клеточных автоматов могут варьироваться и не обязательно соответствовать реально существующим в среде структурным элементам. Это позволяет избавиться от огромного количества подчас избыточной «микроскопической» информации, сконцентрировавшись только на представляющих интерес пространственных и временных интервалах, и одновременно уменьшить время компьютерных расчетов до практически приемлемого уровня. Недостаток метода клеточных автоматов состоит в том, что, не существует методов конструирования микроскопических взаимодействий в системе автоматов, которые приводили бы к заданным макроскопическим уравнениям. Формулировка моделей клеточных автоматов требует физической интуиции.

Опираясь на рассмотренные выше примеры, можно сформулировать основные принципы, выполнение которых необходимо для построения реалистичных моделей имитирующих сред:

1. Количество и характер «микроскопических» переменных в системе клеточных автоматов, а также взаимодействия между ними должны обеспечивать макроскопическую симметрию системы в широком смысле (как пространственно-временные, так и законы сохранения).

2. Взаимодействия между автоматами должны отражать основные «элементарные события» в рассматриваемой физической системе, причем набор этих «элементарных событий» должен быть в определенном смысле полным. Количественное описание элементарных процессов, напротив, как показывают приведенные выше примеры, может быть достаточно приблизительным (вплоть до бинарного переключения определенных свойств).

Преимущество метода подвижных клеточных автоматов перед традиционными континуальными методами моделирования состоит в возможности моделирования сред при больших пластических деформациях, при которых происходит возникновение

многочисленных несплошностей, а также процессов перемешивания. При этом имеется возможность рассмотрения большого количества одновременно протекающих элементарных процессов, каждый из которых подчиняется определенным физическим закономерностям. При реализации метода основную роль играет:

- фактическая конфигурация частиц при очередном шаге моделирования;
- ограниченный набор логических правил для обеспечения переходов частиц системы в последующее состояние при очередном шаге моделирования;

Результаты моделирования, полученные для ряда конкретных технических систем, свидетельствуют о том, что использование метода клеточных автоматов позволяет:

- получить наглядное отображение кинетики процессов;
- учесть специфику структуры и строения системы (в том числе факторы неоднородности и пористости);
- проводить комплексный анализ процессов эволюции системы.

МСА-метод является мощным вычислительным методом, позволяющим изучать поведение различных объектов, когда экспериментальное или непосредственное их изучение невозможно.

Список литературы

1. Псахье С.Г., Хори Я., Коростелев С.Ю. и др. Метод подвижных клеточных автоматов как инструмент для моделирования в рамках физической мезомеханики // Изв. вузов. Физика. - 1995. - Т. 38. - № 11. - С. 58-69.

2. Псахье С.Г., Дмитриев А.И., Шилько Е.В., Смолин А.Ю., Коростелев С.Ю. Метод подвижных клеточных автоматов как новое направление дискретной вычислительной механики. I. Теоретическое описание // Физ. мезомех. - 2000. - Т. 3. - № 2. - С. 5-15.

3. Дмитриев А.И., Коростелев С.Ю., Остермайер Г.П., Псахье С.Г., Смолин А.Ю., Шилько Е.В. Метод подвижных клеточных автоматов как инструмент для моделирования на мезоуровне // Известия РАН. Мех. твердого тела. - 1999. - № 6. - С. 87-94.

4. Попов В.Л., Псахье С.Г. Теоретические основы моделирования упругопластических сред методом подвижных клеточных автоматов. I. Однородные среды // Физ. мезомех. - 2000. - Т. 3. - №1. - С. 17-28.

5. Псахье С.Г., Моисеенко Д.Д., Дмитриев А.И., Шилько Е.В., Коростелев С.Ю., Смолин А.Ю., Дерюгин Е.Е., Кульков С.Н. О возможности компьютерного конструирования материалов с высокопористой и каркасной структурой на основе метода подвижных клеточных автоматов // Письма в ЖТФ. - 1998. - Т.24, №4. - С. 71-76.

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРАНИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЫСОТЫ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА

Бочаров Н.А. -студент, Иванов В.П. -доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Под граничной понимают высоту  $\chi_R$  бетона сжатой зоны сечения, при которой происходит одновременное исчерпание несущей способности бетона сжатой зоны и растянутой арматуры, т.е. предполагается одинаковая прочность сечения по растянутой арматуре и бетону сжатой зоны сечения.

Значение граничной относительной высоты бетона сжатой зоны  $\xi_R$  определяют по эмпирической формуле 25 СНиП 2.03.01-84\* "Бетонные и железобетонные конструкции", полученной на основе статистической обработки многочисленных данных опытных исследований зависимости  $\xi_R$  от  $\sigma_S$

$$\xi_R = \frac{\chi_R}{h_0} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)}$$

где  $\omega$ -характеристика деформативных свойств бетона сжатой зоны,

$$\omega = \alpha - 0.008 \cdot R_b,$$

$\alpha$ -коэффициент, 0.85-для тяжелого бетона, 0.8-для легкого,  
 $\sigma_{SR}$ -предельное напряжение в арматуре растянутой зоны,  
 $\sigma_{SC,U}$ -предельное сопротивление арматуры сжатию.

С ростом прочности бетона снижается его деформативность, а следовательно, и способность к перераспределению напряжений по высоте сечения. Поэтому граничная высота сжатой зоны имеет линейную обратно-пропорциональную зависимость от класса бетона и арматуры.

Таблица1 - Зависимость граничной относительной высоты сжатой зоны бетона от класса бетона и класса арматуры

Класс бетона	$\xi_R$		
	Класс арматуры		
	AI	AII	AIII
B10	0,717	0,684	0,640
B15	0,670	0,648	0,616
B20	0,645	0,623	0,591
B25	0,618	0,593	0,563
B30	0,596	0,573	0,541
B35	0,570	0,547	0,515
B40	0,549	0,526	0,494

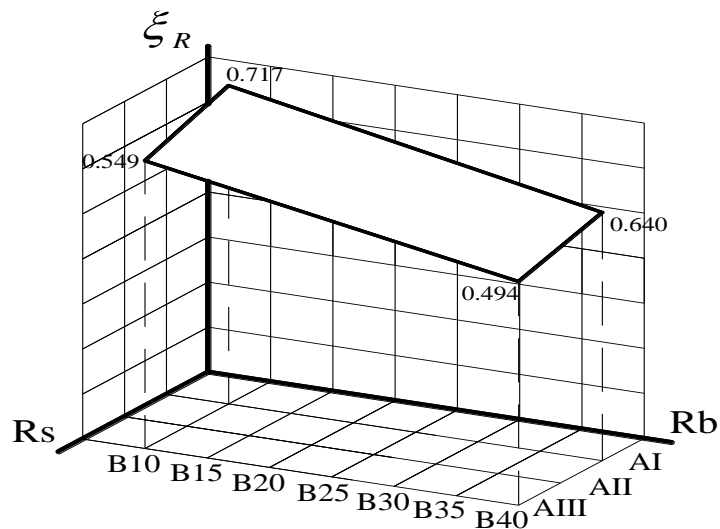


Рисунок 1 - График изменения граничной относительной высоты сжатой зоны бетона  
**Предлагается формула**

С целью оптимизации вычислений и равномерности изменения величины  $\xi_R$  для бетонов B10-B40 и арматуры AI-AIII:

$$\xi_R = \xi_R^{\max} \frac{(R_s - R_{sI})}{A} \frac{(R_b - R_{b10})}{B}$$

где  $A=3000 \text{ МПа}$

$B=100 \text{ МПа}$

$R_{sI} = 235 \text{ МПа}$

$R_{b10} = 6 \text{ МПа}$

$\xi_R=0.717$  (при бетоне класса B10 и арматуре класса AI)

Погрешность от значений по СНиП 2.03.01-84\* не более 1%

## ДРЕВНЯЯ АРХИТЕКТУРА КИТАЯ

Дяо Хай Фэнь – студент, Корницкая М.Н. – к.т.н., доцент, Алаева С.М. – старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В многочисленных и разнообразных культурных памятниках Китая древняя китайская архитектура занимает очень важное место. Виды древних китайских сооружений очень многообразны: это и дворцы, и храмы, и садовые сооружения, и могилы, и жилища, как показано на рисунке 1.

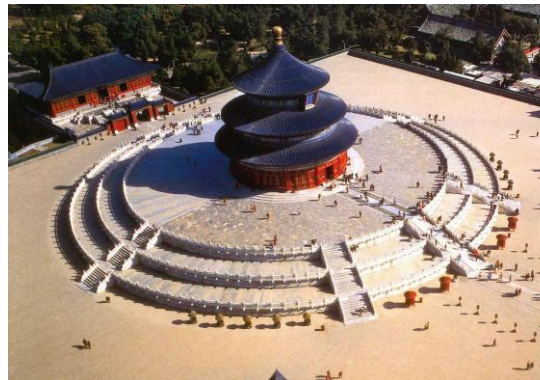


Рисунок 1 – Древние китайские сооружения

В древнем Китае наиболее типичной конструкцией дома считалась каркасно-столбовая, использующая для этого древесину.

На глинобитной платформе устанавливались деревянные столбы, на которых крепились продольные поперечные балки. Для создания прочных деревянных конструкций использовались различные способы соединения деревянных балок, представленные на рисунке 2.

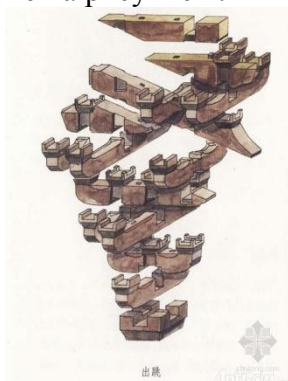


Рисунок 2 – Соединения деревянных балок

Поскольку дерево обладает определённой гибкостью и упругостью, то по сравнению с каменными сооружениями, деревянные более стойки к землетрясениям. Это объясняется тем, что тяжесть дома выдерживают столбы, а не стена. В Китае говорят, что "стена дома может обвалиться, но дом не разрушится."

При всех своих достоинствах, деревянные конструкции имеют и существенные недостатки, главное из которых — недолговечность и пожароопасность.

Своеобразие китайской архитектуры заключается для западного человека в изогнутых силуэтах высоких китайских крыш. В Китае считалось, что демоны и злые духи избегают изогнутых линий, так как могут двигаться только по прямой. Необычность китайских крыш связана с конструктивными особенностями китайской архитектуры:

1) для крыш никогда не делали стропил, а пользовались стоечно-балочной системой, поэтому крыша была очень высокой и массивной. При такой конструкции только изогнутая форма могла уменьшить массу крыши почти на треть и придать всему сооружению легкий и изящный силуэт;

2) сильно выдвинутый над поверхностью стены карниз, загибаясь вверх, позволял свету беспрепятственно проникать в дом,

3) дождевая вода стекала с крыши на достаточном удалении от самого сооружения; при том, что подавляющее большинство зданий возводилось из дерева, такая малозначительная, казалось бы, деталь как форма карниза сыграла свою роль в том, что деревянные храмы, простояв до 800 лет, прекрасно сохранились. Конечно, такому долголетию способствовало еще и исключительное качество кровельного материала. Керамическая черепица цилиндрической формы укладывалась на поверхности крыши, скрепляясь на стыках при помощи специального профиля и фигурок волшебных животных, называемых цян-шоу.

Тяжелый и выдвинутый карниз поддерживался системой специальных кронштейнов доу-гун, изображенных на рисунке 3, которые позволяли так распределить массу крыши, что здание приобретало дополнительную устойчивость. Доу гун богато украшались.



Рисунок 3 – Способы крепления крыши

Другая особенность китайского древнего зодчества - это эффект, дающий целостную композицию, то есть создается некий ансамбль из множества домов, приведенный на рисунке 4. Главное здание окружается дворовыми постройками, которые равномерно отделены от него и симметричны. Такой ансамбль носит название хутун.

Погоня за подобным разнообразием форм в ходе строительства домов привела не только к созданию единого строительного стиля в китайском древнем зодчестве, но и одновременно с этим продемонстрировала его многообразие.



Рисунок 4 – Китайские хутуны

А для того, чтобы придать зданию определенное настроение, строители обычно вырезали на балках и карнизах разнообразные картины животных и трав. Подобные узоры наносились гравированные и деревянные столбы комнат, окон и дверей, как показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Украшение карнизов, стен

Кроме того, древнее китайское зодчество характеризуется применением красок. Обычно крыши дворца покрывались желтой глазурованной черепицей, карнизы красились сине-зеленой окраской, стены, столбы и дворы - красным цветом, комнаты устланы белыми и темными мраморными платформами, которые сверкали под голубым небом.

В характере китайской архитектуры существуют некоторые региональные различия. На севере все несколько строже, четче, монументальнее, значительно заметнее иноземные влияния. На юге же нет ни строгости в планировке, ни бронзовых львов, зато крыши загнуты круче, декор богаче, все архитектурные детали, да и сами здания изящнее и легче.

## СОВРЕМЕННАЯ АРХИТЕКТУРА КИТАЯ

Ван Лун – студент,

Корницкая М.Н. – к.т.н., доцент, Алаева С.М. – старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время Китай находится в центре международного внимания:  
- строятся новые города,



- прокладываются туннели,
- возводятся небоскрёбы,
- работают ведущие архитекторы мира.

Одна пятая часть мирового строительства приходится на Китай. Современная архитектура Китая, так же как и древние сооружения, построенные тысячи лет назад, удивляет и поражает людей всего мира. Ведь китайцы, как никакая другая нация мира, строго придерживается своих традиций. Это касается и архитектурного облика современного китайского города.

Однако постепенно китайская архитектура начинает приобретать другие черты. Это происходит в середине XIX века. Перешагнув эту черту, китайская архитектура начинает новый виток своего развития. До 1840 года, который для Китая стал рубежным, архитектура страны была многообразна и уникальна. Здания, построенные с учетом всех китайских тенденций, четко спланированные улицы и кварталы, которые делали город красочным и разноцветным, становились историей, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Китайская традиционная архитектура

Экономическое развитие Китая привело в эту страну иностранный капитал. На улицах городов начали появляться иностранные банки и коммерческие организации, развлекательные учреждения и сооружения сервиса, посольства и гостиницы. Эти постройки требовали четкости форм и использования современных материалов при строительстве. Традиции китайской архитектуры уже становятся не применимыми для новых зданий. Постепенно уникальные здания древней китайской архитектуры уходят на второй план. В Поднебесную приходит европейский архитектурный стиль.

В городах Китая происходит смешение архитектурных стилей и направлений. Рядом с древними национальными постройками вырастают современные и чуждые китайскому восприятию здания, приведенные на рисунке 2.



Рисунок 2 – Смешение архитектурных стилей в городах Китая

Китайским архитекторам пришлось учитывать мировые тенденции, сложившиеся в новой архитектуре. Они быстро освоили новые технологии, начали использовать современные строительные и отделочные материалы, как показано на рисунке 3.

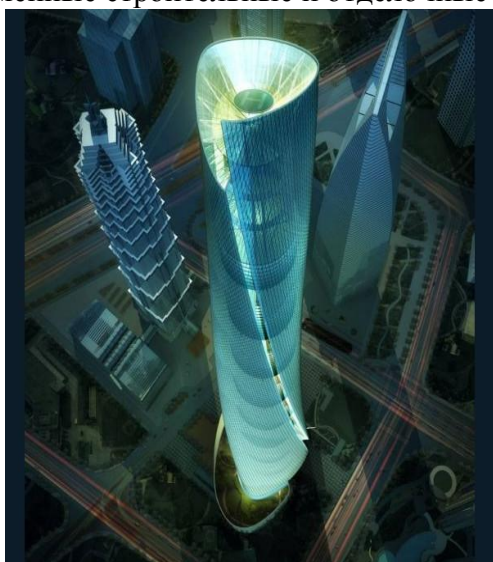


Рисунок 3 – Современные архитектурные решения

Однако со временем китайские мастера начинают возвращаться к национальным архитектурным тенденциям. Они умело сочетают европейский взгляд на здания с китайской культурой, создавая абсолютно уникальные здания.

Таким образом, современная архитектура Китая сочетает в себе лучшие тенденции западной, американской и восточной архитектуры и древней традиционной китайской архитектуры. Благодаря этому появляются уникальные здания и сооружения, известные во всем мире.

## ЦИНЬХУАНДАО – ДРЕВНИЙ ГОРОД С СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Лю Цзя – студент,

Корницкая М.Н. – к.т.н., доцент, Алаева С.М. – старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Циньхуандао (краткое наименование – Цинь). Известный город-порт на севере Китая. Циньхуандао переводится с китайского, как «остров императора Цинь Шихуана». Город был назван в честь первого императора Китая Цинь Шихуана, который приехал сюда 215 году до н.э., чтобы найти лекарство для бессмертия. Это единственный город, который получил свое название в честь императора, изображенного на рисунке 1.



Рисунок 1 – Памятник императору Цинь Шихуану

Городской округ Циньхуандао расположен в северо-восточной части провинции Хэбэй. На севере от города лежит горный массив Яньшань. К югу лежит Бохайский залив, а к западу— Пекин и Тяньцзинь. Расстояние от Пекина 299 километров. Площадь города Циньхуандао - 7812.4 квадратных километров, население 2.87 миллионов человек (по данным 2009г). В Циньхуандао три района: Бэйдайхэ, Шаньхайгуань, Хайган, акватории и четыре уезда: Чанли, Фунин, Лулон, Цинлон маньчжурский автономный уезд.

Исторический и культурный древний район города - Шаньхайгуань. В древние времена этот город был крепостью площадью 1.5 миллиона квадратных метров. Здесь начинается Великая Китайская стена, изображенная на рисунке 2, о которой поэт написал такие стихи: 两京锁钥无双地,万里长城第一关. Общая длина участка китайской стены в районе города - 26 км.



Рисунок 2 – Китайская стена в районе Шаньхайгуань

В районе Шаньхайгуань находятся многие памятники древней архитектуры, например, храм Дзян, монастырь, изображенный на рисунке 3, дворец и другие.



Рисунок 3 – Древний монастырь в районе Шаньхайгуань

В настоящее время Циньхуадао сочетает в себе черты древнего и современного города. Среди сотен городов Китая он занимает 29 место.

Основными направлениями развития города являются:

- экономическое,
- экологическое,
- образовательное,
- туристическое.

В городе ведется строительство предприятий компании Fuji для производства техники. Имеется крупнейший в стране Яньшаньский университет, который готовит специалистов для всех отраслей экономики Китая.

Циньхуандао - прекрасный город для туризма. Содержание отрицательных ионов кислорода в городе более 7000 в каждом кубическом метре. В городе расположены: самый известный летний курорт Бэйдайхэ, туристический курорт Нандайхэ, Чанли Голд-Кост. Более 40 уникальных туристических достопримечательностей привлекают миллионы отечественных и иностранных туристов каждый год. Бэйдайхэ является одним из четырех крупнейших мировых мест наблюдения за птицами.

В 2008 году город вместе с Пекином принимал Олимпийские игры. Для этого был построен современный стадион и олимпийский парк, показанные на рисунке 4.



Рисунок 4 – Олимпийские объекты в Циньхуандао

Циньхуандао - это зеленый город, “гармоничный” город, “деятельный” город, “очаровательный” город.

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО БРУСА ULTRALAM ТМ

Кызайбаев М. Н. - студент, Пантюшина Л. Н. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящей работе проанализирована возможность использования высокопрочного бруса из клееного шпона Ultralam ТМ для несущих конструкций мансардных надстроек малоэтажных зданий.

Новый материал Ultralam ТМ отличается повышенной прочностью (более чем в 2 раза превышающей прочность древесины), поэтому конструкции имеют существенно меньшие размеры сечений и как следствие меньшие нагрузки на нижележащие конструкции.

В работе выполнен расчет и сравнение рам из клееного бруса Ultralam ТМ с традиционными дощатоклееными рамами.

Расчет обеих рам выполнен в соответствии с СТО 36554501-002-2006 в котором использованы и сохранены основные положения СНиП II-25-80\*.

Стойка рам состоит из двух клееных элементов, ригель – из одного элемента (рис. 2).

Традиционное соединение стойки с ригелем в трехшарнирной клееной рамы выполняется на цилиндрических нагелях по кругу (рис. 1). В ходе проектирования пришлось прибегнуть к расстановке нагелей по всей площади карнизного узла, ввиду большого требуемого количества нагелей в соединении, с соблюдением правил расстановки цилиндрических стальных нагелей изложенных в СТО.



Рисунок 1 - Применение материала Ultralam ТМ при реконструкции мансард

В результате расчетов карнизные узлы рам имеют размеры, представленные на рисунке 2.

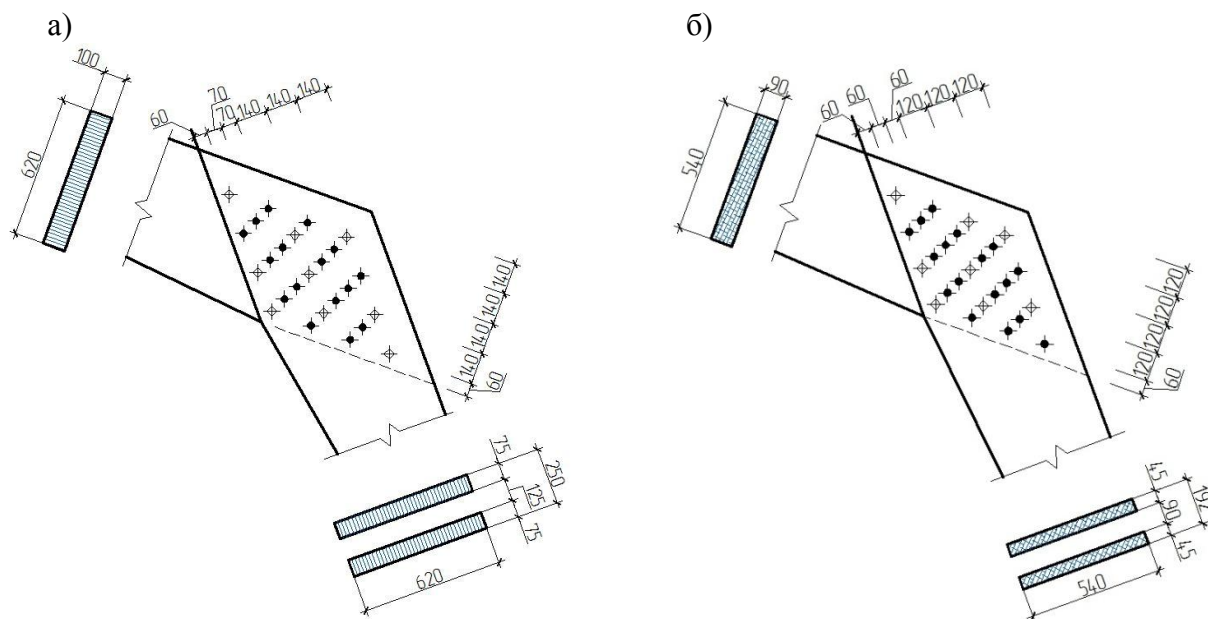


Рисунок 2 - Карнизный узел рамы на нагелях,  
а - клеодощатой, б - из клееного шпона UltralaminTM

Высота и толщина элементов рам из клееного бруса UltralaminTM существенно меньше (рис 2 б), элементов рам из традиционной клееной древесины. Между тем прочность клееной древесины 2-го сорта изгибу составляет порядка 13 МПа, а клееного бруса UltralaminTM – 26,5 МПа (Таблица 1).

Таблица 1 - Расчетные характеристики материала

Напряженное состояние			Для типов UltralaminTM			
			$R^s$	$R$	$X$	$I$
Расчетное сопротивление, МПа	Изгиб	вдоль волокон по кромке	27	26,5	19,5	23,5
		вдоль волокон по пласти	35,5	27,5	24	22,5
	Сжатие	вдоль волокон	25,5	23,5	19,5	22
		поперек волокон	4,3	3,5	6,8	3,8
		перпендикулярно плоскости листов шпона	1,9	1,7	1,9	1,7
	Растяжение	вдоль волокон	26,5	22,5	17,5	16,5
		поперек волокон	-	0,7	-	-
	Скалывание по клеевому шву	вдоль волокон	2,6	2,6	2,6	2,6
		поперек волокон	1,1	1,1	1,1	1,1
	Модуль упругости $E$ , МПа			15600	14000	11000
Плотность материала $\rho$ , кг / м <sup>3</sup> ( кН / м <sup>3</sup> )			480 (4,71)			
Примечание - при изготовлении специальных партий Ультралам с подбором слоев шпона высокого качества (отражено в технологическом регламенте) величины расчетных сопротивлений могут быть увеличены на 15-20%.						

Ultralamin TM представляет собой многослойный материал из шпона хвойных пород различного сорта и изготавливается в виде брусьев и плит.

Брусья и плиты делятся на несколько типов в зависимости от направления волокон и сортов слоев шпона.

Ultralam TM может применяться в качестве несущих и ограждающих конструкций.

Материал обладает следующими преимуществами:

- Высокая прочность;
- Гарантированная стабильность геометрических размеров и технических характеристик;

- Однородный материал с ориентированными слоями древесины

- Простота и легкость монтажа;

- Хорошая шурупоподдерживающая способность;

- Высокая способность примыкания;

- Устойчивость к агрессивным средам;

- Широкий диапазон размеров: толщина от 19 до 106 мм, ширина до 1,25м, длина - не ограничена;

- Показатели огнестойкости конструкций из Ultralam TM при обработке средствами огнезащиты:

- Предел огнестойкости - 45 минут;

- Класс пожарной опасности строительных конструкций - K0.

Экономия при применении материала Ultralam TM достигается за счет того, что:

- Лёгкость материала, в большинстве случаев, позволяет использовать подъёмную технику с меньшей грузоподъемностью;

- Малый вес конструкций снижает нагрузку на грунты и позволяет применять экономичные типы фундаментов;

- Брус из клееного шпона Ultralam TM эффективно применяется в качестве перекрытий во всех типах малоэтажного строительства. Балки из Ultralam TM широко используют при перекрытии пролётов 6, 8, 10 и более метров без промежуточных опор. Небольшой вес балок обеспечивает меньшее давление на несущие стены;

- Обработка и крепление балок производится традиционным инструментом;

- Благодаря высокой прочности и любой длине, клееный брус из шпона UltralamTM позволяют решать любые архитектурные и конструкционные задачи;

- Для обработки и монтажа конструкций не требуется специальных навыков;

- Плотность материала  $\rho = 480 \text{ кг / м}^3$ .

В результате анализа можно сделать вывод, что несущие конструкции из клееного бруса Ultralam TM более эффективны по сравнению с традиционными для надстройки мансардных этажей существующих зданий.

Список литературы:

1. [www.ultralam.com](http://www.ultralam.com)

2. СТО 36554501-021-2010 «Деревянные конструкции. Многослойный клееный из шпона материал Ultralam (Ультралам). Общие технические требования» - М.: ОАО «НИЦ «Строительство», 2010 - 13 с.

## РАЗРАБОТКА САПР ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

А.А. Ильин - студент, И.В. Харламов – к.т.н., профессор, В.В. Соколова – к.т.н.,  
доцент

Алтайский Государственный Технический Университет им. И.И. Ползунова  
(г. Барнаул)

Навесные вентилируемые фасады впервые появились в Германии, где уже накоплен достаточный опыт по их использованию: в общественных, административных и промышленных зданиях, а также при реконструкции домов массовой застройки. В России

такие фасады появились недавно, но в настоящее время уже получили большое распространение ввиду ряда преимуществ: термоизоляция, теплоизоляция, влагоизоляция, звукоизоляция, исключение проникновения водяных паров, предотвращение термических деформаций, пожарная безопасность.

Чтобы вентилируемый фасад сохранил все свои преимущества, необходимо правильно спроектировать всю систему, с учетом многих условий и параметров. Подбирается такая конструкция фасада, которая удовлетворяла бы требованиям норм строительной теплотехники и прочностных характеристик.

В современном рынке программного обеспечения на данный момент нет реального продукта по проектированию систем навесных вентилируемых фасадов, который бы помогал рассчитать теплотехнику, элементы конструкции, выполнить раскладку панелей и сформировать спецификацию. Несмотря на наличие методики расчета систем вентилируемых фасадов, сам процесс расчета и проектирования достаточно трудоемок и уходит много времени на сравнение различных конструктивных решений. Использование программных средств значительно ускорит данный процесс, сэкономит материалы и даст возможность предоставить заказчику несколько вариантов проектных решений в кратчайшие сроки.

Разработка программного комплекса была начата в 2005г. в рамках дипломного проектирования. До начала нашей работы в программе были решены следующие задачи:

- 1) Теплотехнический расчет;
- 2) Конструктивный расчет с учетом постоянных и ветровых нагрузок;
- 3) Формирование отчета по проектированию;
- 4) Раскладка плит облицовки по отдельным участкам фасада с различными алгоритмами;
- 5) Созданы базы данных, используемые при проектировании;

Следует сказать, что выпускники вложили в проект много сил и времени, но работы по усовершенствованию и улучшению программы осталось еще не мало. Что-то было недоработано из-за нехватки времени, что-то просто не было предусмотрено, да и время не стоит на месте: появляются новые материалы, конструкции, требования, которые должны быть учтены в программе. Кроме того современная программа должна работать в современных операционных системах с последними версиями AutoCAD.

В рамках дипломного проектирования передо мной были поставлены следующие задачи:

- 1) В прочностном расчете необходимо было предусмотреть сейсмические и гололедные нагрузки;
- 2) Организовать возможность установки удлинителей кронштейнов с последующим расчетом, а так же кляммеров – элементов, служащих для крепления плит облицовки к вертикальным направляющим фасадной системы;
- 3) Расширить существующие базы данных и при необходимости добавить свои;
- 4) Разработать часть программы по выводу на чертеж AutoCAD спецификации элементов фасадной системы;
- 5) Доработать часть по выведению отчета по проектированию;
- 6) Разработать раздел справочной и вспомогательной информации;
- 7) Провести системные и визуальные улучшения программного комплекса.

Программный комплекс представляет собой главное окно программы, из которого можно попасть в отдельные разделы проектирования фасадной системы:

- Выбор плит облицовки;
- Расчет теплотехники;
- Прочностной расчет;
- Отчет по проектированию;
- Обеспечение вертикальности фасада;
- Чертежная часть программы;

Рассмотрим подробнее задачи, решаемые в рамках дипломного проектирования.



1) Расчет фасадной системы с учетом сейсмических воздействий и гололедной нагрузки.

Методика определения сейсмических воздействий на каркас фасадных систем не может рассматриваться как вполне самостоятельная. Фасадные системы с основанием здания или сооружения непосредственно не взаимодействуют, сейсмические воздействия на них вторичны. Ввиду малой жесткости каркаса и масс фасадных систем влияние их на сейсмостойкость здания невелико. В основе нахождения сейсмических воздействий на фасад лежит методика определения сейсмических нагрузок на здание в целом. Величина воздействий зависит от сейсмичности площадки строительства, конструкции и массы самой фасадной системы, конструктивного типа здания, от допускаемых повреждений сооружения. Сейсмические воздействия могут действовать в трех плоскостях фасадной системы, по вертикали, по горизонтали перпендикулярно или параллельно стене здания. При расчете конструкции необходимо учитывать одновременно вертикальную и одну из горизонтальных составляющих сейсмического воздействия. Для этого создается особое нагружение, включающее постоянные нагрузки от веса фасадной системы, гололедные нагрузки и сейсмические воздействия. В особом нагружении нагрузка от ветра не учитывается. Далее ведется проверка прочности, деформативности конструкции стандартным образом.

Гололедные нагрузки учитываются в комбинациях нагружений как кратковременные, и по сути представляют из себя нагрузку от толщи льда намерзшей на облицовку фасада. Их величина зависит от гололедного района площадки строительства, от высоты здания.

2) Расчет кляммера и удлинителя кронштейна

В разделе прочностного расчета были добавлены возможность установки кляммеров и удлинителей кронштейнов с последующим их расчетом. Элементы с их характеристиками хранятся в базах данных, через программу доступно их редактирование и добавление изображений.

3) Расширение баз данных.

Существенно были расширены базы данных программы:

- БД утеплителей;
- БД слоев стен для теплотехнического расчета;
- БД элементов конструкции: профилей, кронштейнов, крепежей;
- Добавлены БД кляммеров и удлинителей кронштейна;

4) Разработка части по выводу на чертеж спецификации элементов фасадной системы

Включает расчет количества и типа облицовочных элементов, вертикальных профилей, кронштейнов, элементов крепления и фасонных элементов с последующим их графическим отображением в виде спецификации конструктивных элементов. Существующий алгоритм по выводу спецификации элементов требует переработки, т.к., во-первых, он выводил спецификацию на каждый отдельный участок фасада, по которому шла раскладка элементов; во-вторых, необходима его совместимость с новым алгоритмом раскладки панелей на весь фасад сразу.

5) Доработка отчета по проектированию

Отчет формируется в виде текстового документа, который включает данные о проектировщике, об объекте строительства, о районе строительства, о применяемых конструктивных материалах, утеплителе, о прочностных параметрах конструкции и расчетных величинах. Прощая версия программы формировала отчет в недостаточно полном виде. Кроме этого, программа была доработана, появились новые расчеты, элементы, которые были внесены в отчет.

6) Раздел справочной и вспомогательной информации

Раздел справочной информации был практически пуст, и неподготовленному пользователю разобраться в программе не так просто. Тем более, что комплекс создан для проектирования, в нем должна быть нормативная документация, методика расчета и помощь по последовательности проектирования.

7) Системные и визуальные улучшения.

Программа стала более удобной и красивой. Повысился уровень автоматизации. Стало удобнее работать с базами данных, из-за использования новых компонентов: появилась плавная прокрутка списка.

Результатом автоматизированного проектирования фасадной системы являются:

- 1) Протокол расчета и протокол применяемых конструкций;
- 2) Чертеж фасада с раскладкой всех элементов фасадной системы;
- 3) Спецификация на элементы фасадной системы.

Список литературы

- 1) СНиП II-23-81 «Стальные конструкции. Нормы проектирования».
- 2) СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».
- 3) СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах».
- 4) [www.kraspan.ru](http://www.kraspan.ru).
- 5) [www.metallprofil.ru](http://www.metallprofil.ru).

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ С УЧЕТОМ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ГЕОМЕТРИИ ФАСАДА

А.А. Усольцев - студент,

И.В. Харламов – к.т.н., профессор, В.В. Соколова – к.т.н., доцент

Алтайский Государственный Технический Университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Навесные вентилируемые фасады появились в России относительно недавно, но в настоящее время они получили широкое распространение ввиду многих своих положительных качеств. Родились навесные фасады в Германии, где за все время использования доказали свою эффективность, технологичность и качество, и как следствие получили широкое распространение в стране, а затем и за её пределами.

Эти системы обладают несомненными преимуществами: по экономическим и экологическим показателям. Это достаточно сбалансированные системы. Они "дышат", так как есть беспрепятственная диффузия водяного пара; обеспечивается хорошая звукоизоляция; увеличивается срок эксплуатации здания. Вентилируемый фасад является теплоизолирующей системой.

С каждым годом при строительстве новых зданий, и реконструкции эксплуатируемых, все более широко применяются системы навесных вентилируемых фасадов, а процесс проектирования, таких систем достаточно трудоемким. Но несмотря на свои положительные качества системы НВФ довольно сложны для расчета, ввиду множества конструктивных элементов, большого числа условий и параметров. В связи с этим автоматизация процесса расчета систем НВФ существенно помогла бы сократить трудовые затраты, и затраты времени проектирования и конструирования.

Для автоматизации расчетов был запрограммирован комплекс VentFasad. Разработка представленного программного комплекса была начата в 2005г. в рамках дипломного проектирования. До начала нашей работы в программе были решены следующие задачи:

Теплотехнический расчет;

Конструктивный расчет с учетом постоянных и ветровых нагрузок;

Формирование отчета по проектированию;

Раскладка плит облицовки по отдельным участкам фасада с различными алгоритмами;

Созданы базы данных, используемые при проектировании;

Существующий комплекс предоставлял пользователю широкие возможности по расчету систем навесных вентилируемых фасадов, а также позволял создавать готовые чертежи раскладки профилей и плит облицовки. Но с учетом повышения требований, предъявляемым к конструкциям, с появлением новых материалов, а также совершенствованием методик расчетов требовалось модернизировать программу.

В процессе дипломной работы мной были реализованы следующие задачи:

1) Произведен расчет ветровых нагрузок внутри фасада

- Расчет на максимальную скорость ветра внутри фасада
- Учтена установка ветрозащитной мембраны
- Выполнена расстановка ветрозащитных рассечек

2) Выполнен расчет и подбор элементов конструкции для обеспечения вертикальности фасада.

- Чтение исходных данных вертикальности фасада
- Задание данных о местоположении кронштейнов
- Расчет количества и местоположения кронштейнов разной длины

(После получения результатов производился расчет на прочность всех типоразмеров кронштейнов с элементами крепежа)

3) Настроена работа программы под любую версию AutoCAD

4) Изменения в графической подсистеме.

- Изменен способ задания фасада и оконных и дверных проемов (Фасад можно выделять полностью или по частям)

- Добавлена возможность задания фасада сложной формы (в виде многоугольника)
- Возможно конструировать окна в виде четырехугольников произвольной формы (прямоугольные, трапециевидные, ромбовидные)

- Добавлены новые варианты раскладки

- Реализовано считывание данных о местоположении кронштейнов с чертежа, с последующей передачей их для расчета вертикальности стены фасада.

- Считывание данных о длинах кронштейнов для добавления их в спецификацию.

Проектирование системы навесных фасадов с использованием разрабатываемого программного комплекса выполняется по следующим этапам:

**1. "Вход в систему"**

**2. "Выбор плит облицовки"**

**3. "Теплотехнический расчет"**

**4. "Чертежи расстановки элементов конструкции"**

Данный раздел включает запуск программы AutoCAD, раскладка панелей, профилей и кронштейнов в интерактивном режиме, используя различные алгоритмы и данные расчета, а также вывод спецификации

Для подключения и работы в AutoCAD используется позднее связывание. Для его использования не требуется библиотека типов, что является существенным плюсом данного метода. А также появляется возможность работать из программы с любой версией AutoCAD.

После запуска AutoCAD появляется окно раскладки. Выбирается один из предложенных вариантов раскладки профилей и плиток облицовки. После нажатия на кнопку «обозначить фасад» становится активным текущий чертеж, где пользователь имеет возможность обозначить фасад целиком или его часть. Затем нажимая на кнопку «Вырезать окна» пользователь обозначает оконные и дверные проемы. В программе предусмотрено задание фасадов сложной формы (в виде многоугольника), а также четырехугольных проемов любого вида. В случае одинаковых размеров оконных проемов имеется возможность их упрощенного задания (первое окно указывается четырьмя точками, последующие вводятся заданием нижнего левого угла). Координаты границ фасада и всех проемов хранятся в памяти в виде массива, с которыми в дальнейшем производится анализ и работа.

После задания границ фасада, оконных и дверных проемов производится непосредственно раскладка. В программе предусмотрено несколько алгоритмов раскладки для разных зон:

- под окнами - между окнами по вертикали, раскладка от нижнего окна к верхнему

- на свободной от окон части фасада - между окнами по горизонтали, от левого окна к правому.

А также производится анализ раскладки в вертикальной и горизонтальной плоскости:

1) Снизу вверх/слева направо – панели меньше стандартных размеров размещаются сверху/справа заданной области;

2) Сверху вниз/справа налево – панели меньше стандартных размеров размещаются внизу/слева заданной области;

3) Централно симметрично – панели меньше стандартных размеров размещаются по центру проемов и на свободной от окон части фасада заданной области;

4) Раскладка с фиксированным шагом – панели раскладываются с шагом равным их ширине/ высоте по всей плоскости фасада, вне зависимости от расположения оконных и дверных проемов. Данный алгоритм раскладки является более трудоемким для монтажников фасадных систем (плитки приходится вырезать сложной формы), но более эстетичным для многих фасадов.

В зависимости от алгоритмов раскладки панелей вызываются соответствующие алгоритмы раскладки профилей и кронштейнов, для обеспечения расположения профилей на стыке облицовочных элементов.

После раскладки пользователь может сделать её в другом варианте, если предыдущий его не устроил, и впоследствии выбрать более оптимальный и привлекательный.

Когда пользователь определился с раскладкой, программа считывает данные о местоположении кронштейнов, которые затем используются для расчета вертикальности фасада.

#### **5. "Расчет вертикальности стены фасада"**

В данном модуле производится определяется месторасположение на фасаде, длина в каждой точке и количество типоразмеров кронштейнов.

Пользователь задает фасад здания вручную или с чертежа. Затем загружает файл данных вертикальной съемки фасада (файл представлен в виде таблицы в текстовом файле). Далее с чертежа считываются данные о местоположении кронштейнов.

После задания всех характеристик производим расчет:

- рассчитывается длина каждого кронштейна и выводится в таблицу
- рассчитывается количество типоразмеров кронштейнов
- в графическом виде отображается местоположение и длина каждого кронштейна
- данные о длине и количестве кронштейнов записываются в ini-файл и затем передаются в AutoCAD для составления спецификации.

#### **6. "Расчет ветровых нагрузок внутри фасада"**

Здесь учитываются действие ветровых нагрузок внутри вентилируемого зазора. Пользователь выбирает возможность установки ветрозащитных и противопожарных рассечек по плоскости фасада. Далее задаются аэродинамические коэффициенты на наветренной и подветренной стороне фасада (Пользователь может посмотреть и выбрать соответствующее проектируемому зданию значения нажав кнопку «Выдержка из СНИП»). После задания всех характеристик производим расчет:

- определяется максимально возможная скорость движения воздуха внутри фасада (учитывается ветровой р-н, тип местности и т.д.)
- вычисляется высота на которой происходит выветривание утеплителя
- определяется высота выпадения конденсата в январе (учитываются параметры, взятые при расчете теплотехники)
- вычисляется требуемое расстояние м/у ветрозащитными рассечками (берется как наименьшее значение из расчета высоты выветривания утеплителя, выпадения конденсата и расстояния м/у противопожарными рассечками)

#### **7. "Формирование отчета"**

#### **8. "Выход из системы"**

Завершение работы по проектированию навесного фасада.

## Список литературы

- 1) СНиП II-23-81 «Стальные конструкции. Нормы проектирования».
- 2) СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».
- 3) СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».
- 4) [www.kraspan.ru](http://www.kraspan.ru).
- 5) [www.metallprofil.ru](http://www.metallprofil.ru).

## ПРИМЕНЕНИЕ МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРИМЕРЕ МОБИЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СКЛАДА

Сейдаметова А.Э. – студент, Александров О.Б. – ассистент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Контейнер - это многооборотное не самоходное грузовое средство, предназначенное для хранения или перевозки штучных и навалочных грузов.

Контейнеры могут быть выполнены из различных материалов различной формы. Наибольшее распространение получили морские (универсальные) контейнеры.

Универсальный контейнер общего назначения представляет собой полностью закрытый, пылеводонепроницаемый стальной «ящик» сварной конструкции. Он состоит из несущего стального каркаса из профилей (швеллер) с толщиной полок 3...6 мм, связанного по всем углам фитингами, и обшивки антикоррозийными стальными профилированными листами толщиной 3 мм.

Основное преимущество металлического контейнера - мобильность, беспрепятственное перемещение с одного объекта на другой. Контейнер имеет полную заводскую готовность, что позволяет его использовать сразу после установки. Металлические контейнеры можно стыковать друг к другу, получая любой размер по ширине и длине, в зависимости от поставленной цели использования помещения. Морские контейнеры сами по себе являются очень надежной, прочной и устойчивой конструкцией, имеют большую площадь соприкосновения с поверхностью основания, поэтому не нуждаются в массивном фундаменте. Существует широкий выбор внутреннего оснащения контейнеров, что даёт возможность создавать нестандартные проекты. Металлические контейнеры могут быть оснащены сантехническим оборудованием, душевыми кабинами, кондиционерами.

В среднем цены на б/у контейнеры по Москве (Санкт-Петербургу) колеблются в пределах 60-70 тыс. руб. В Барнауле продажей и доставкой морских контейнеров занимается компания Алтай Контейнер. Цены на контейнеры 20-40 футов колеблются в пределах 50-80 тыс. руб. в зависимости от состояния.

Помимо хранения и транспортировки грузов морские контейнеры могут применяться для производства бытовок - изделий, предназначенных для решения широкого спектра промышленных и строительных задач. В последнее время металлический грузовой контейнер часто используется в малом бизнесе в качестве складского помещения для хранения товаров и организации мобильных торговых точек. Морские контейнеры находят свое применение в качестве временного жилья, постов охраны, офисных помещений, раздевалок, хозблоков и т.п.

Так же морские контейнеры могут использоваться в качестве отдельных конструктивных единиц, при возведении промышленных зданий. Например, использоваться в качестве несущих стеновых ограждений.

В рамках данной работы создан проект одноэтажного здания на основе морских контейнеров, предназначенного для использования в качестве мобильного сельскохозяйственного склада.

Проектируемое здание прямоугольное в плане и имеет размеры в осях 22,88x12 м. Высота до низа стропильных конструкций 5,8 м. Внутреннее пространство представляет

собой прямоугольное помещение общей площадью 216 м<sup>2</sup>, которым можно свободно располагать для хранения оборудование или сельскохозяйственную продукцию. Здание имеет с торца двое распашных ворот размером 3,6х3,6 м каждые, имеющих калитки, которые могут служить путями эвакуации в случае пожара. Предусмотрено естественное боковое освещение через ленточное остекление высотой 1,8 м, расположенное над воротами.

Конструктивная схема здания – стеновая, в качестве ограждающих конструкций используются морские контейнеры, установленные в два яруса. На контейнеры шарнирно опираются фермы с шагом 6 метров. Жесткость покрытия обеспечивают вертикальные связи и распорки между фермами, а также горизонтальный жесткий диск покрытия выполненного из профлиста Н75-750-0,7 по прогонам швеллера.

В качестве основания для контейнеров может использоваться площадка из железобетонных плит. Колонны фахверка, на который крепится стеновое ограждение в пролете, устанавливаем на винтовые сваи Криннер. Одним из преимуществ этой технологии является многократность ее применения, а именно то, что винтовая свая в любое время может быть вывернута из земли, перенесена и повторно завинчена на любом другом месте, для дальнейшего использования. Винтовые сваи Криннер вкручиваются в грунт в течение нескольких минут. Выбор такого фундамента отвечает общей идее мобильности и максимальной легкости всего здания.

В качестве несущего стенового ограждения используются универсальные 40-футовые морские контейнеры типа high cub (увеличенной высоты и вместимости) с габаритными размерами 2438х2896х12192 мм. Стеновое ограждение в пролетах навесное из профлиста С21-1000-0,6. Для его крепления предусмотрены колонны фахверка и стеновые ригели из швеллера.

Стропильные фермы представляют собой сварную конструкцию из парных равнополочных уголков. Соединения элементов предусмотрены на фасонках. В середине центрального элемента нижнего пояса предусмотрено фланцевое соединение. Таким образом, ферму можно разобрать на две симметричные отправочные марки, что также отвечает условиям мобильности конструкции.

Такая конструкция позволяет в короткие сроки возводить складские помещения, гаражи, ремонтные мастерские. Применение в качестве ограждающих и несущих конструкций морских контейнеров позволяет использовать их в качестве дополнительных складских или административно-бытовых помещений.