

сти минимизацию целевой функции (8). Разработанная модель позволяет получить рациональные варианты расстановки комплектов – модулей по объектам при любом значении N^{K-M}_i из интервала $[N^{K-M}_{\min}; N^{K-M}_{\max}]$.

Переход к реальным комплектам машин осуществляется по разработанной ранее методике с использованием переводных коэффициентов и учетом зон рационального использования комплектов машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анненкова, О. С. С использованием имитационного механизма (О некоторых резервах повышения эффективности механизации земляных

работ) / О. С. Анненкова, С. Г. Собко // Механизация строительства. – 1990. – № 11. – С. 14-15.

2. Гусаков, А. А. Моделирование и применение вычислительной техники в строительном производстве / А. А. Гусаков, Н. И. Ильин, Ю. А. Куликов. – М.: Стройиздат, 1979. – 382 с.

3. Спектор, М. Д. Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства / М. Д. Спектор. – М.: Стройиздат, 1980. – 159 с.

Анненкова О.С. – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: 222-ru@mail.ru.

УДК 624.014.2

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ НА ЕЁ РАЦИОНАЛЬНОСТЬ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

А. В. Барышников, И. В. Харламов

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В работе представлены результаты численного эксперимента, проведенного для выявления закономерности влияния некоторых параметров конструктивной формы металлоконструкции на её рациональность с учетом эксплуатационных расходов. Численный эксперимент был проведен на основе разработанного метода выбора рациональной конструктивной формы металлоконструкций с учетом эксплуатационных расходов с применением созданного программного продукта PCMS. В работе предложены и проанализированы четыре варианта эксплуатации металлоконструкций с учетом воздействия агрессивной среды.

Ключевые слова: Конструктивная форма, варианты эксплуатации металлоконструкций, защитное покрытие, рациональность.

Количество эксплуатируемых металлоконструкций постоянно возрастает. Одновременно с этим из-за воздействия агрессивной среды растут и затраты на их содержание. Для сокращения этих затрат необходимо на стадии проектирования правильно подходить к выбору конструктивной формы металлоконструкции (далее КФМК) с учетом эксплуатационных расходов и всего срока службы металлоконструкции.

Для решения описанной проблемы был разработан метод выбора рациональной КФМК с учетом эксплуатационных расходов. В качестве инструмента реализации разработанного метода был создан программный продукт PCMS.

В рамках разработанного метода предложены четыре варианта эксплуатации металлоконструкций:

Первый – традиционный, предполагающий регулярное восстановление антикоррозионной защиты одновременно на всей поверхности МК, что приводит к большим затратам на содержание зданий и сооружений;

Второй – с возобновляемым защитным покрытием на отдельных элементах МК и плоскостях в определенные периоды времени, позволяющий добиться сокращения эксплуатационных затрат за счет более полного использования срока службы защитных покрытий элементов МК;

Третий – без устройства антикоррозионной защиты в течение всего периода экс-

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ НА ЕЁ РАЦИОНАЛЬНОСТЬ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

плутации, что предполагает допустимость коррозии МК, но при этом снижаются эксплуатационные затраты за счет отсутствия работ по устройству антикоррозионной защиты, и уменьшения потерь от простоев производства;

Четвертый – с устройством защитного покрытия на стадии строительства, и с последующей эксплуатацией МК без восстановления антикоррозионной защиты.

Для выявления закономерности влияния некоторых параметров КФМК металлоконструкции на её рациональность с учетом эксплуатационных расходов был проведен численный эксперимент по разработанному методу с применением программного продукта РСМС. С целью сокращения количества входящих в зависимости переменных для проведения численного эксперимента была рассмотрена не металлоконструкция в целом, а ее отдельный элемент. Расчетная схема условного элемента приведена на рисунке 1.

Для разных степеней агрессивности и четырех вариантов эксплуатации проанализировано влияние на рациональность элемента следующих параметров КФМК:

- профиль: прямоугольная и круглая труба, уголок, двутавр;
- углы поворота относительно горизонта и собственной оси;
- сталь: С245 (ВСтЗпс5), С345 (09Г2С), С390К (15Г2АФДпс);
- защитное покрытие: сурик железный МА-12, БТ-177, ПФ-115, ХВ-785, БТ-177 с модификатором ржавчины (далее МР), ПФ-115 с МР, металлизированное (цинк), комбинированное (цинк + ХВ).

Для сравнения различных вариантов КФМК результаты численного эксперимента приведены к показателю эффективности. Он рассчитывается по формуле (1) как отношение экономического результата к затраченным ресурсам выбранного варианта, и выражается в процентах

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_p}{Z_1} \cdot 100\% = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}$ – показатель эффективности сравниваемого варианта, %; $\mathcal{E}_p$ – экономический результат, руб.; Z_1 , Z_2 – затраты на вариант, с которым происходит сравнение, и сравниваемый вариант, руб.

Полученные результаты численного эксперимента показали, что для первого варианта эксплуатации при сравнении различных профилей (круглая и прямоугольная трубы, уголок и двутавр) в горизонтальном положении без поворота относительно собственной оси наиболее рациональным решением для всех степеней агрессивности сред будет применение круглого сечения (рисунок 2). Двутавровое сечение является самым неэффективным.

При сравнении полученных результатов круглой и прямоугольной труб (таблица 1) видно, что большую роль играет не металлоемкость, а площадь контакта элемента металлоконструкции с окружающей средой. Это подтверждает принцип экономичного проектирования – принцип концентрации материала [2]. Для равнополочного уголка 100×8 в горизонтальном положении без поворота относительно собственной оси в слабоагрессивной среде выгоднее будет применение лакокрасочного защитного покрытия (на основе поликонденсационных смол с МР) (рисунок 3).

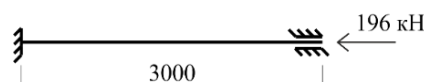


Рисунок 1 – Расчетная схема

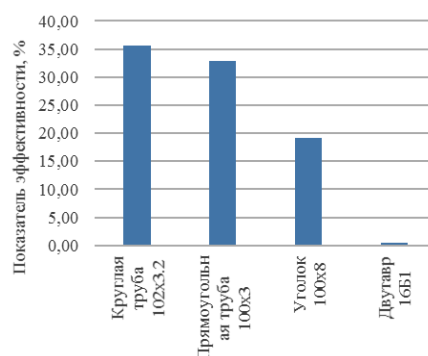


Рисунок 2 – Эффективность профилей с лакокрасочным защитным покрытием в слабоагрессивной среде

Таблица 1 – Эффективность профилей с лакокрасочным покрытием ХВ-785 в слабоагрессивной среде на 100 лет

Профиль	Площадь поверхности, м ²	Масса, кг	Показатель эффективности через 100 лет, %
Круглая труба 89×4,5	0,84	28,14	35,62
Прямоугольная труба 100×3	1,17	26,49	32,79
Уголок 100×8	1,17	36,75	19,23
Двутавр 16Б1	1,69	38,1	0,00

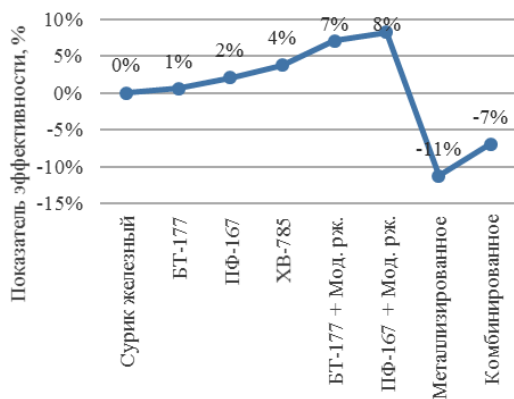


Рисунок 3 – Эффективность равнополочного уголка 100×8 для различных защитных покрытий в слабоагрессивной среде

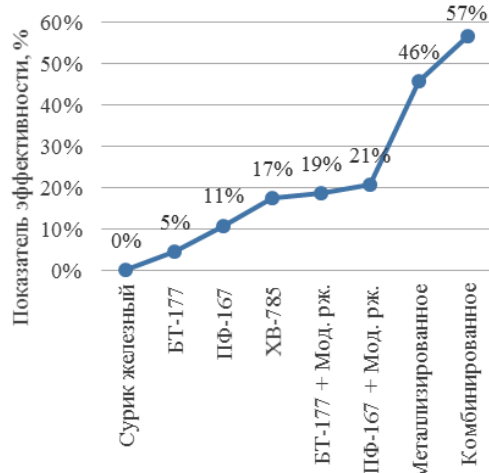
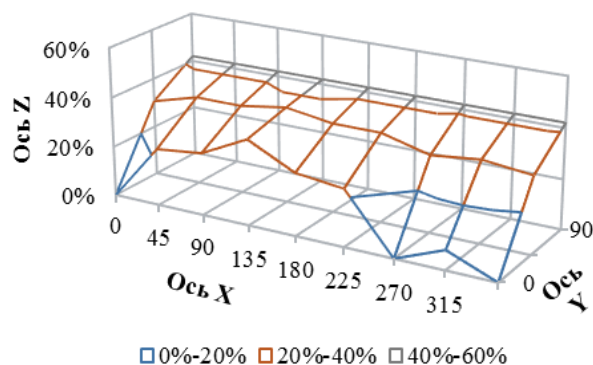


Рисунок 4 – Эффективность равнополочного уголка 100×8 для различных защитных покрытий в сильноагрессивной среде



ось X – угол поворота относительно собственной оси (угол α), град.; ось Y – угол поворота относительно горизонта (угол β), град.; ось Z – показатель эффективности, %

Рисунок 5 – Эффективность уголка 100×8 при различных углах поворота в сильноагрессивной среде

В среднеагрессивных средах выгодным оказывается комбинированное защитное покрытие. В сильноагрессивных средах наиболее выгодным оказывается комбинированное защитное покрытие, а затем металлизированное с эффективностью 57% и 46% соответственно в сравнении с железным суриком (рисунок 4).

При повороте уголка относительно горизонта (угол β) и относительно собственной оси (угол α) (рисунок 5) наиболее эффективным является вертикальное положение уголка относительно горизонта. При горизонтальном положении уголка наиболее эффективным является поворот относительно собственной оси на $\alpha = 135^\circ$ полками вниз.

Согласно полученным результатам исследования (рисунок 5) предлагается классическое решение для ферм из одиночных уголков, представленное на рисунке 6, видоизменить как показано на рисунке 7. В данном случае мы принимаем наиболее рациональную ориентацию уголков в пространстве относительно собственной оси. При таком положении отсутствуют места скопления пыли, влаги и непроветриваемые зоны. Для прямоугольной трубы 110×80×3 наиболее эффективным является вертикальное положение трубы относительно горизонта, а при горизонтальном положении трубы наиболее эффективным является поворот относительно собственной оси на $\alpha = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$ и 315° (рисунок 8). Исследования были проведены для прямоугольной трубы 110×80×3. Аналогичные результаты будут и для квадратных труб.

Согласно полученным результатам предлагается классическое решение для ферм из квадратных труб, представленное на рисунке 9, видоизменить как показано на рисунке 10. Такое решение позволяет не только повысить эффективность при эксплуатации, но улучшить работу фермы на продавливание полки. Однако возникает необходимость в дополнительных элементах верхнего обрешетки на ферму.

Полученные результаты численного эксперимента для равнополочного уголка 100×8 показали, что для всех степеней агрессивности оказывается более эффективным решением (рисунок 11). Это объясняется необходимостью меньшего сечения уголка для сталей повышенной прочности согласно расчетам, а также большим сроком службы защитного покрытия на поверхности этой стали.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ НА ЕЁ РАЦИОНАЛЬНОСТЬ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

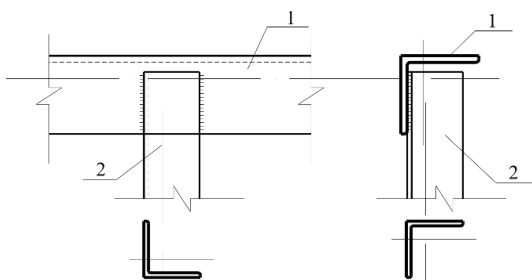


Рисунок 6 – Узел фермы классического решения: 1 – верхний пояс, 2 – стойка

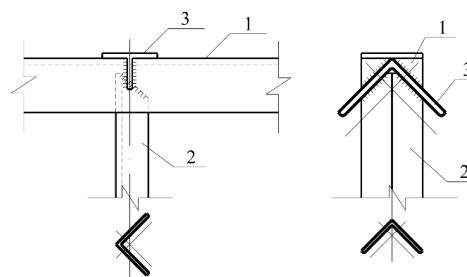
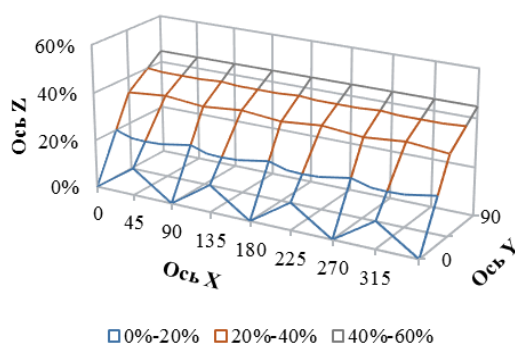


Рисунок 7 – Узел фермы с поворотом элементов на $\alpha = 135^\circ$ относительно собственной оси: 1 – верхний пояс, 2 – стойка, 3 – опора таврового сечения



ось X – угол поворота относительно собственной оси (угол α), град.; ось Y – угол поворота относительно горизонта (угол β), град.; ось Z – показатель эффективности, %

Рисунок 8 – Эффективность прямоугольной трубы 110×80×3 при различных углах поворота в сильноагрессивной среде

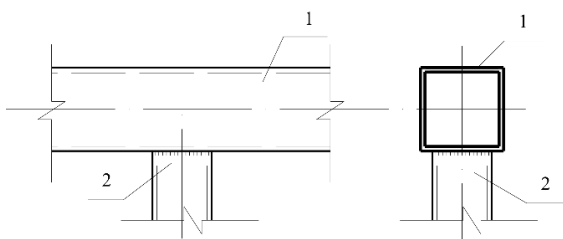


Рисунок 9 – Узел фермы классического решения: 1 – верхний пояс, 2 – стойка

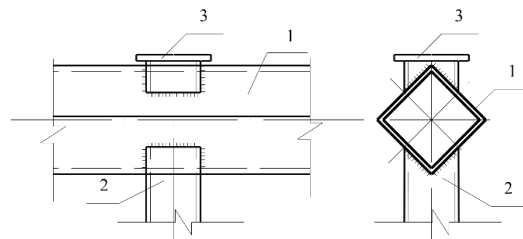


Рисунок 10 – Узел фермы с поворотом поясов на 45° относительно собственной оси: 1 – верхний пояс, 2 – стойка, 3 – опора

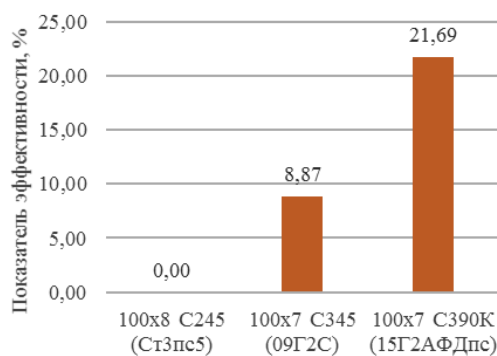


Рисунок 11 – Эффективность применения высокопрочных сталей с лакокрасочным защитным покрытием (Эмаль ХВ-785) в сильноагрессивной среде

При втором варианте эксплуатации с возобновляемым защитным покрытием на отдельных плоскостях в определенные периоды времени все плоскости элемента разбиваются на группы. Защитное покрытие каждой из групп будет восстанавливаться с периодичностью, равной минимальному сроку службы антикоррозионной защиты всех плоскостей, входящих в нее.

Второй вариант эксплуатации для всех покрытий и степеней агрессивности сред будет эффективнее. При этом эффективность для лакокрасочных покрытий значительно возрастает с увеличением агрессивности среды. В среднеагрессивной среде второй вариант эксплуатации при применении лакокрасочных покрытий будет на 7-12% эффективнее, чем первый. А для сильноагрессивных сред на 16-18%.

При третьем варианте эксплуатации элементы металлоконструкции будут подвержены неравномерному коррозионному износу. Это приведет к изменению сечения и расчетной схемы элемента. Для обеспечения требуемого срока службы элемента необходимо рассчитать и увеличить сечение согласно сортамента. В таблице 2 приведены требуемые сечения различных профилей в слабоагрессивной среде.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что третий вариант эксплуатации будет эффективнее первого только для слабоагрессивной среды (рисунок 12). При этом применение высокопрочных сталей позволит добиться еще большей эффективности. Для средне- и сильноагрессивных сред третий вариант эксплуатации для отдельного элемента оказывается неэффективным. Существующая дробность сортамента не позволяет наиболее рационально выбрать профиль. Холодногнутые профили или профили составного сечения в этом случае могут оказаться более рациональными.

Таблица 2 – Требуемые профили элементов в слабоагрессивной среде

Профиль	Начальное сечение	Срок службы без увеличения сечения, лет	Требуемое сечение
Труба	89×4,5	59	102×5
Квадрат	100×3	28	100×4
Уголок	100×8	94	100×10
Двутавр	16Б1	63	16Б2



Рисунок 12 – Эффективность профилей при эксплуатации без защитного покрытия в слабоагрессивной среде по сравнению с первым вариантом эксплуатации

Но для обоснования этого утверждения требуется проведение дополнительных исследований.

Четвертый вариант эксплуатации с нанесением первоначального покрытия на элемент в сравнении с третьим будет эффективнее на 7-11% в слабоагрессивных средах с применением лакокрасочного защитного покрытия. В средне- и сильноагрессивных средах наиболее эффективным будет первоначальное нанесение комбинированного защитного покрытия с показателем эффективности 7%. В сильноагрессивной среде четвертый вариант эксплуатации с применением лакокрасочного защитного покрытия будет менее эффективен, чем третий.

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов численного эксперимента позволил определить некоторые параметры, влияющие на эффективность элементов металлоконструкции с учетом эксплуатационных расходов.

2. Выбор КФМК и варианта эксплуатации сильно зависит от агрессивности среды. Для слабоагрессивных сред выгодно применение четвертого варианта эксплуатации с применением первоначального лакокрасочного защитного покрытия. Для средне- и сильноагрессивных сред выгодно применение второго варианта эксплуатации с применением комбинированного защитного покрытия.

3. Проведенный анализ показал, что нужно искать наиболее рациональную КФМК. Это показано на примере ферм из одиночных уголков и из квадратных труб. Разработанный метод позволяет сделать этот анализ, и получить необходимое технико-экономическое

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ НА ЕЁ РАЦИОНАЛЬНОСТЬ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

обоснование с учетом эксплуатационных расходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышников, А. В. Учет факторов и методика поиска рациональной конструктивной формы металлоконструкций с учетом приведенных затрат [Электронный ресурс] / А. В. Барышников, И. В. Харламов // X Всероссийская науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь-2013»: сборник науч. статей. – Барнаул. – 2013. – Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/stroy_konstr_tez_2013.pdf.

2. Лихтарников, Я. М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций / Я. М. Лихтарников. - М.: Стройиздат, 1979. – 319 с.

3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2011618978 «Приведенная стоимость металлоконструкций (Present cost of metal structures)».

Барышников А.В. – аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Харламов И.В. – к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: hiv@mail.altstu.ru.

УДК 637.431

ПРОГРАММИРОВАНИЕ В MICROSOFT EXCEL ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЁТА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

И. А. Бахтина, В. В. Соколова

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены основные этапы расчёта при проектировании систем отопления зданий, особенности программ по расчёту инженерных систем в учебных заведениях, разработан программный продукт для теплотехнического расчёта наружных ограждающих конструкций в среде Microsoft Excel с использованием языка программирования Visual Basic.

Ключевые слова: системы отопления, теплотехнический расчёт, программа, операторы Microsoft Excel, программа Visual Basic.

Системы отопления здания относятся к наиболее сложным и энергоёмким инженерным системам. Данные системы должны быть надёжными, безопасными, органично вписываться в дизайн помещения. Безусловно, самым ответственным этапом внедрения систем отопления является их проектирование. Ошибки проектирования могут привести к перерасходу теплоносителя и нарушению температурного режима здания («перетопу» или понижению температуры помещений), большому гидравлическому давлению (в этом случае система может стать опасной) и т.п.

Проектирование систем отопления – многостадийный процесс, который включает в себя основные расчёты:

- 1) теплотехнический расчёт наружных ограждений;
- 2) расчёт тепловых потерь помещений;
- 3) гидравлический расчёт системы;
- 4) расчёт секций отопительных приборов;
- 5) подбор необходимых приборов и оборудования (насосов, элеваторов, кранов и т.п.).

Все этапы, кроме последнего, включают в себя многоэтапные и сложные расчёты. При этом необходимо учитывать достаточно большое количество разнообразных факторов: климатическую зону, особенности конструкций наружных ограждающих конструкций, их ориентацию и т.п. Поэтому при проектировании в организациях используют различные программные продукты и комплексы программ, позволяющие рассчитывать инженерные системы полностью, а также программы-помощники. Как правило, проектировщики используют привычные для себя программы и знают все нюансы расчётов. Однако, безусловно, для этого необходим опыт и навыки. В учебных заведениях в рамках аудиторных занятий невозможно усвоить теоретический материал, приобрести практические навыки и сразу стать опытным проектировщиком. Поэтому программы для расчета инженерных систем, в том числе систем отопления, используемые в учебных заведениях, должны отличаться от профессиональных программ, используемых в проек-