

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА (PCMS)

А.В. Барышников, И.В. Харламов

В данной статье рассматривается применение программного комплекса PCMS на примере выбора рациональной конструктивной формы металлоконструкций каркаса склада в г. Барнауле.

Ключевые слова: металлические конструкции, программный комплекс, конструктивная форма.

При проектировании зданий и сооружений очень важен правильный выбор конструктивных решений строительных конструкций. Основными критериями, определяющими конструктивную форму, являются: «соответствие конструктивной формы технологическим требованиям производственного процесса, минимальные масса и трудоемкость изготовления, минимальная трудоемкость и удобство монтажа металлических конструкций, скорость возведения сооружения, минимальная стоимость конструкций» [2]. При этом чаще всего учитывается только стоимость изготовления конструкций, а затраты на содержания упускаются, что может привести к большим затратам, и оказаться решающим фактором при выборе рациональной конструктивной формы.

Анализ затрат на строительство и содержание зданий и сооружений необходимо проводить с учетом ремонтных и восстановительных работ, а так же с учетом антикоррозионной защиты и, при необходимости, огнезащиты. При этом капитальный ремонт проводится периодически, не зависимо от ремонтных работ по восстановлению защитного покрытия. В некоторых случаях восстановление защитного покрытия входит в капитальный ремонт, если они проводятся в одно время. Учет затрат на текущий ремонт и косвенные потери от простоя производственных процессов, также должны учитываться. Проведение этого анализа позволит на стадии проектирования избежать нежелательных результатов, которые могут привести к увеличению затрат на содержание здания.

В качестве инструмента для определения рациональной конструктивной формы металлоконструкций с учетом эксплуатационных затрат, разрабатывается универсальный программный продукт, в котором учиты-

ваются все факторы, влияющие на стоимость металлоконструкций. Решающими среди них являются: металлоемкость, форма сечений, материал, концентрация материала, тип и параметры защитного покрытия, и другие.

Основной принцип определения затрат на здание или сооружение заключается в суммировании затрат до эксплуатации и во время эксплуатации за определенный период времени. Эксплуатационные затраты состоят из затрат на текущий ремонт, на капитальный ремонт, на возобновление защитного покрытия и косвенные потери. Наибольшую роль оказывают затраты на возобновление защиты. Разнообразие вариантов и комбинаций защитного покрытия вынуждают делать выбор наиболее выгодного.

На данный момент создана первая версия программного продукта и на него получен сертификат [3]. В программном продукте реализована возможность расчета и анализа таких защитных покрытий, как лакокрасочные, металлизированные и комбинированные. В дальнейшем планируется расширить функциональность, предусмотрев возможность проектирования без защитного покрытия за счет увеличения сечения элементов, а так же сочетания вариантов с первоначальной антикоррозионной защитой и последующей эксплуатацией без защитного покрытия.

С помощью программного продукта произведем оценку эффективности разрабатываемого программного продукта на примере выбора рационального решения стального каркаса склада в г. Барнауле. В качестве аналога взят склад с каркасом из составных колонн и ферм (вариант А). Размеры склада в плане 24 м на 42 м. Шаг колонн - 6 м., пролет - 24 м. Высота колонн - 6 м. Фермы опираются на колонны в уровне верхнего пояса (рисунки 1).

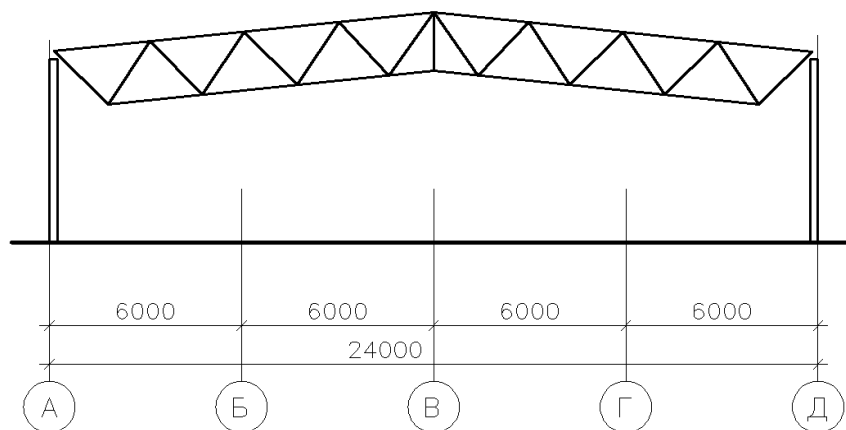


Рисунок 1 - Вариант «А» конструктивного решения склада

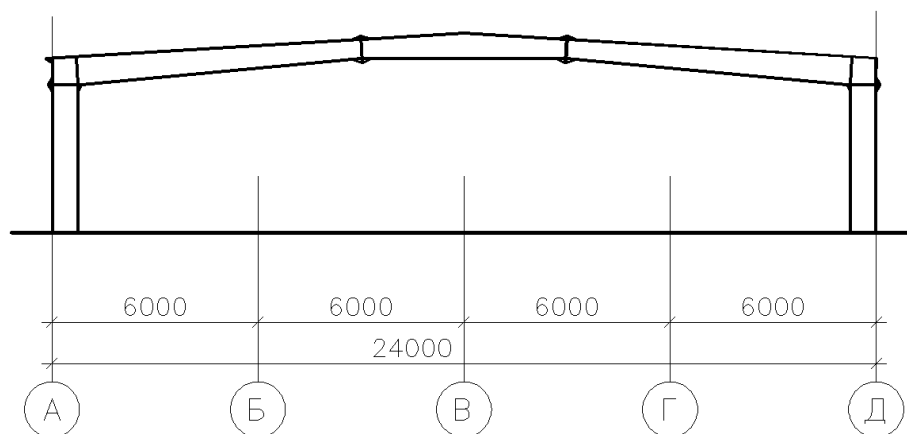


Рисунок 2 - Вариант «Б» конструктивного решения склада

Стержни фермы из парных уголков. Покрытие выполнено по прогонам.

В качестве альтернативы этому, разработан проект в соответствии с технологией фирмы Lindab. Рамы каркаса Lindab состоят из сварных двутавровых профилей переменного сечения (рисунок 2).

Кроме этого, каркас дополняет система элементов, непосредственно несущих панели кровельной и стеновой систем, передающая климатические и дополнительные нагрузки на основной несущий каркас: кровельные прогоны, стеновые прогоны, элементы обрамления проемов.

В качестве ограждающих и кровельных конструкций приняты стеновые и кровельные систем с прогонами [4].

Подберем для этого склада не только рациональное конструктивное решение, но и наиболее подходящий способ антикоррозионной защиты. При этом необходимо рассчитать все возможные варианты и сравнить их между собой, а для этого необходимо учесть

все статьи затрат на создание и эксплуатацию этих конструкций.

Первым и самым важным этапом является конструирование и расчет возможных вариантов. Заводим в программу все элементы конструкций и их параметры. Для этого вводятся стержневые, плоские элементы, а так же области примыкания элементов друг к другу (рисунки 3, 4).

Все данные заносятся автоматизированно с чертежей, выполненных средствами AutoCAD.

Расчетный срок эксплуатации здания примем 100 лет. Антикоррозионная защита предлагается трех видов: лакокрасочная, металлизация и комбинированная.

Кроме конструктивных параметров задаем в программу параметры защиты и экономические параметры, в виде сметы на каркас здания.

Методика определения затрат и издержек, необходимых для расчета затрат, взята из работы В.И. Агаджанова [1].

N	Длина, мм	Угол	Тип	Парам.	Кол.	Сталь	Для всех
1	6005,00	0	C	22У	22	C245 (Ст3пс5)	
2	6215,00	0	C	20У	10	C245 (Ст3пс5)	
1	5560,00	0	C	80x4	6	C245 (Ст3пс5)	
1	41,22	90	C	20У	2	C245 (Ст3пс5)	
1	6090,00	90	C	140x6	4	C245 (Ст3пс5)	
2	6068,00	90	C	20У	20	C245 (Ст3пс5)	
3	6068,00	0	C	20У	6	C245 (Ст3пс5)	
1	6090,00	90	C	140x6	1	C245 (Ст3пс5)	
2	120,00	0	L	L100x8	1	C245 (Ст3пс5)	
1	5400,00	6	L	L100x8	16	C245 (Ст3пс5)	

Рисунок 3 - Ввод конструктивных данных варианта «А» в программу PCMS

N	Площадь1 стор.мм²	Ввод	Площадь2 стор.мм²	Угол	Толщ.	Кол.	Сталь	Для всех
1	3774600,00	✓	3774600,00	90	3,00	16	C345 (09Г2С)	
2	6049849,00	✓	6049849,00	90	3,00	16	C345 (09Г2С)	
3	3688230,00	✓	3688230,00	90	3,00	8	C345 (09Г2С)	
4	228000,00	✓	228000,00	0	16,00	16	C345 (09Г2С)	
5	494700,00	✓	494700,00	0	16,00	32	C345 (09Г2С)	
6	391000,00	✓	391000,00	90	16,00	32	C345 (09Г2С)	
7	1221000,00	✓	1221000,00	90	16,00	32	C345 (09Г2С)	
8	2229000,00	✓	2229000,00	90	16,00	32	C345 (09Г2С)	
9	2755200,00	✓	2755200,00	4	16,00	16	C345 (09Г2С)	
10	2454600,00	✓	2454600,00	5	16,00	16	C345 (09Г2С)	

Рисунок 4 - Ввод конструктивных данных варианта «Б» в программу PCMS

Результаты расчета для варианта «А», показали (таблица 1), что лакокрасочное защитное покрытие будет требовать восстановления примерно каждые 4-5 лет, в зависимости от разбивки элементов по группам восстановления. Первоначальные затраты на строительство каркаса составят 3,06 млн. руб. А сметная стоимость через 100 лет эксплуатации будут составлять 11,27 млн. руб. с учетом первоначальных затрат (рисунок 5). На графике видны характерные скачки затрат примерно каждые 20 лет, обусловленные периодическим проведением капитальных ремонтов конструкций. Меньшие ступени отра-

жают затраты на текущий ремонт и возобновление защитного покрытия.

В случае с металлизированным защитным покрытием первоначальная стоимость составит 3,13 млн. руб., а вот сметная стоимость через 100 лет - 10,3 млн. руб. В качестве защитного покрытия рассмотрено холодное цинкование. При этом все элементы конструкций будут разбиваться по группам. Защитное покрытие элементов каждой из групп будет восстанавливаться с разным промежутком времени, который определяется как минимальное время долговечности покрытия из всех элементов группы. Периоды восстановления для этого варианта с учетом разбивки составят 8,18 и 31 года. Такой вариант позволяет избежать преждевременных затрат на еще «рабочие» защитные поверхности, но он более трудоемок и в расчетах, и в организации работ, которые таким образом проводятся более часто. Если разбивку не использовать, то расходы на конструкцию через 100 лет составят 10,6 млн.руб., что на 600 тыс. руб. больше, чем с разбивкой по группам.

При комбинированном защитном покрытии и первоначальная стоимость составит 3,17 млн. руб., а вот сметная стоимость через 100 лет – 10,14 млн. руб.

Все полученные результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 5. Оценивая эти результаты видно, что на период в 100 лет эксплуатации наиболее экономически выгодным решением будет вариант с комбинированным защитным покрытием.

Проведем аналогичный расчет и для варианта «Б». Результаты расчета представлены в таблице 2 и на рисунке 6.

Оценивая результаты расчета варианта «Б», получаем, что за 100 лет эксплуатации наиболее экономически выгодным решением будет вариант с металлизированным защитным покрытием, однако по приведенным затратам наиболее выгодным решением получится вариант с металлизированным защитным покрытием.

Результаты различаются из-за того, что мы разбивали все элементы конструкций на группы восстановления защитного покрытия, а так же за счет разности площадей поверхностей варианта «А» и «Б». Если эту разбивку не выполнять, то для варианта «Б» с металлизированным защитным покрытием стоимость через 100 лет будет составлять 8,46 млн. руб., что дороже комбинированного, как и для варианта «А».

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА (PCMS)

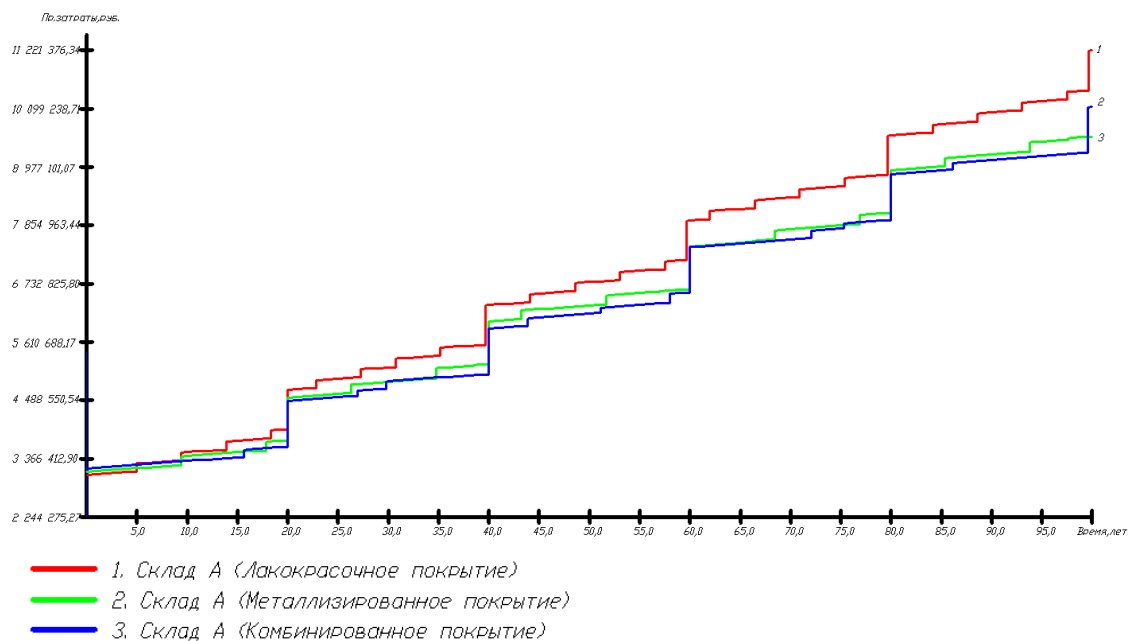


Рисунок 5 - Результаты расчета варианта «А»

Таблица 1 - Результаты расчета приведенных затрат варианта «А» на срок 100 лет

№	Тип антикоррозионного покрытия	Стоимость до начала эксплуатации, млн. руб.	Сметная стоимость через 100 лет, млн. руб.
1	Лакокрасочное	3.06	11.27
2	Металлизированное	3.13	10.30
3	Комбинированное	3.17	10.14

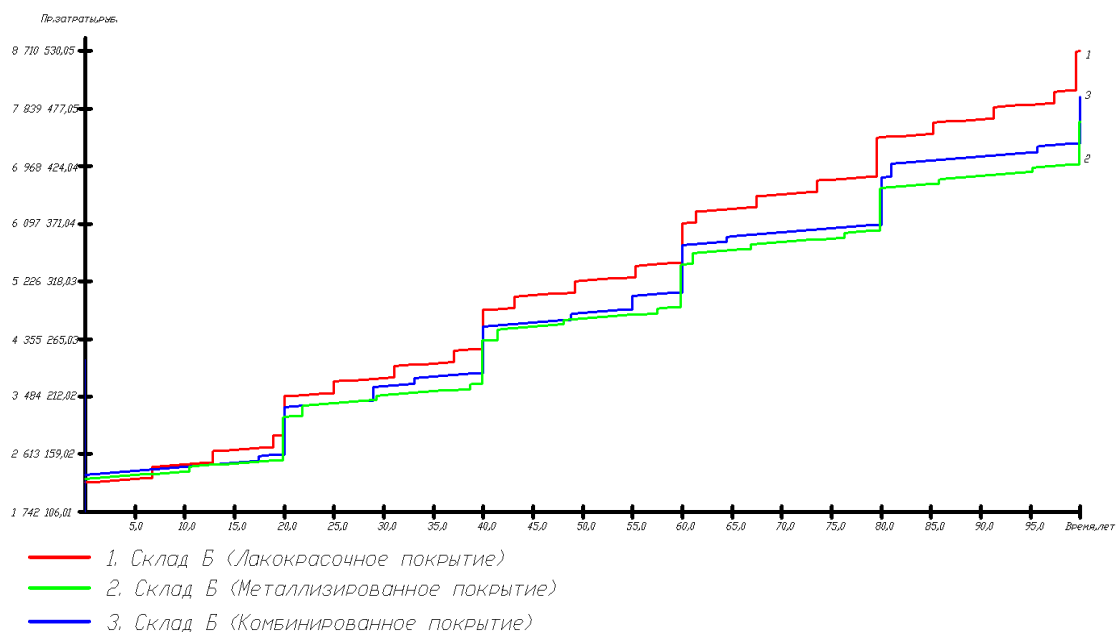


Рисунок 6 - Результаты расчета варианта «Б»

Таблица 2 Результаты расчета приведенных затрат варианта «Б» на срок 100 лет

№	Тип антикоррозионного покрытия	Стоимость до начала эксплуатации, млн. руб.	Сметная стоимость через 100 лет, млн. руб.
4	Лакокрасочное	2.18	8.71
5	Металлизированное	2.24	7.64
6	Комбинированное	2.30	8.02

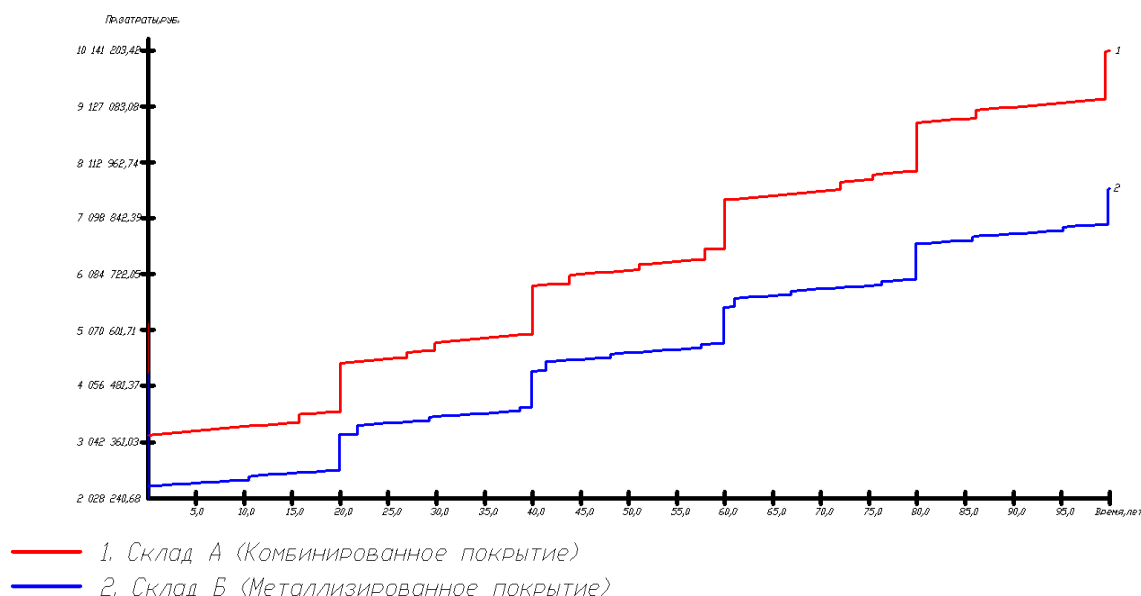


Рисунок 7 - Результаты сравнения вариантов «А» и «Б»

Теперь сравним два самых экономически выгодных варианта из «А» и «Б» и получим, что наиболее рациональным будет конструктивное решение конструкций по технологии lindab, и экономический эффект через 100 лет составит 5,47 млн. руб. (рисунок 7). Учитывая, трудоемкость ручной работы, многие проектировщики пренебрегают необходимостью поиска рациональной конструктивной формы металлоконструкций с учетом эксплуатационных затрат. А это в свою очередь влечет за собой увеличение затрат как заказчиков, так и городских бюджетов. Разработанная методика позволяет избежать этих нежелательных результатов, а разрабатываемый программный продукт - быстро дает рекомендации проектировщику при выборе рациональной конструктивной формы конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанов В.И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1988. — 144 с.
2. Мельников Н.П. Металлические конструкции: Современное состояние и перспективы развития. — М.: Стройиздат, 1983. — 543 с., ил.
3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2011618978 «Приведенная стоимость металлоконструкций (Present cost of metal structures)».
4. Сайт компании «Lindab». URL: <http://www.lindab.com/ru>.

Барышников А.В. — аспирант, **Харламов И.В.** — к.т.н., профессор, E-mail: hiv@mail.altstu.ru, Алтайский государственный технический университет.