

— при хорошей погоде покрытие подворачивается и таким образом обеспечивается поступление свежего воздуха;

— мобильность конструкции;

— возможность переплавки металла в отличие от железобетона, который в скором времени будет невозможно утилизировать.

Основная задача, которую выполняют конструкции такого типа – защита животных от атмосферных осадков и холодного ветра. Как правило, в них отсутствует принудительная вентиляция, помещение проветривается посредством естественного движения воздуха. В связи с этим температура внутри и снаружи отличается незначительно.

Одной из первых строительство облегченных ангаров с применением ткани ПВХ начала Украина. Здесь еще в 2006 г. были проведены исследования с целью определения возможности использования подобных сооружений в центральных и северных регионах страны.

В Беларуси опыт строительства и эксплуатации сооружений такого типа также имеется, однако будущее тентовых конструкции применительно к строительству пока неизвестно: слишком уж непривычно и подозрительно для белорусов выглядят облегченные фермы.

Технический прогресс и внедрение наиболее совершенной организации производства являются важнейшими условиями повышения производительности труда в сельском строительстве и снижения его стоимости.

Дальнейшие исследования в сельском строительстве должны быть направлены на внедрение научной организации труда; разработку эффективных трудовых процессов; создание высокопроизводительных машин и механизмов с учетом специфики сельского строительства; развитие комплексной механизации и автоматизации работ; совершенствование системы планирования и экономического стимулирования, а также методов материального и морально-го стимулирования труда; разработку положений по социальному планированию и развитию сельских строительных организаций.

Список цитированных источников

1. Ходанович, Б.В. Проектирование и строительство животноводческих объектов / Б.В. Ходанович. – М.: Агропромиздат, 1990. – 225 с.
2. Ширшиков, Б.Ф. Разработка проектов организации строительства промышленных зданий и сооружений: учеб. пособие / Б.Ф. Ширшиков, Б. Жадановский, С.А. Синенко [и др.] // Ассоциация строительных вузов (АСВ). – 2016. – 128 с.
3. Сукачев, И.А. Организация и планирование сельскохозяйственного строительства / И.А. Сукачев. – М.: Стройиздат, 1974. – 528 с.
4. <http://Elc.baa.by>.
5. <http://www.nestor.minsk.by>.

УДК 624.014.2

Марчук И.Н.

Научный руководитель: проф. Уласевич В.П.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОМБИНАТОРИКИ И ТЕОРИИ ЧИСЕЛ

Изложен метод оптимизации конструктивных систем, критерий оценки которых представлен в виде параметрической функции с аргументами, принадлежащими множеству дискретных величин. В отличие от традиционных под-

ходов к поиску экстремума функции цели, метод использует положение комбинаторики и теории чисел.

Кроме того, следует отметить особо, что метод позволяет достичь абсолютной точки экстремума параметрической функции путем замещения начального приближения дискретным множеством аргументов (сортамент и др.), необходимым и достаточным для решения задачи.

Процесс проектирования зданий и сооружений — один из самых ответственных этапов строительства и требует тщательного анализа конструктивных решений несущих систем. Важным аспектом, как на начальной стадии проектирования, так и в последующей детальной проработке отдельных конструкций, является решение проблем оптимального проектирования, позволяющих осуществить выбор наилучшего варианта исполнения в заданных расчетных условиях.

При проектировании стальных конструкций необходимо соблюдать определенные нормами требования, основные из которых — обеспечение несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкций, а также некоторые показатели (критерии оценки) проекта, устанавливаемые заказчиком. Такие показатели могут иметь качественный и количественный характер, в последнем случае таковыми могут выступать стоимость объекта, стоимость в совокупности с эксплуатационными затратами, расход материала на изготовление конструкций в совокупности с предпочтениями в выборе конструкций (ограничение сортамента материалов) и т. д.

В традиционном подходе задачу проектирования стальных конструкций решают последовательно. Вначале варьируют и выбирают геометрическую схему сооружения, типы конструкций, затем принимают исполнение для уже выбранного варианта конструкции [2]. Выбор проектного решения осложняется необходимостью принимать во внимание большое количество внешних и внутренних факторов, параметров и переменных, существенно влияющих как на трудоемкость, так и на результат проектирования.

На сегодняшний день существует ряд подходов к оптимизации конструкций и конструктивных решений с использованием ЭВМ, основными из них являются построение алгоритмов автоматизированного проектирования на основе теорий оптимального проектирования и использование минимизации (максимизации) целевой функции по определенному критерию. Такие подходы к решению проектных задач позволяют отыскать оптимальное решение, однако имеют ряд недостатков, таких как сложность реализации, погрешность результата, которая связана с численным решением параметрической оптимизации целевой функции либо с некоторыми допущениями теорий оптимизации.

В данной статье представлен более подробный анализ перечисленных выше решений оптимизации проектирования и приведен альтернативный метод, позволяющий получить численное решение оптимизации целевой функции на основе комбинаторики и теории чисел.

Анализ методов оптимального проектирования конструкций. *Алгоритмизация.* Построение алгоритмов автоматизированного проектирования на основе теорий оптимального проектирования представляет собой выявление взаимосвязей между основополагающими геометрическими, физическими параметрами конструкций построение зависимостей, вывод эмпирических формул и т. д., необходимых для решения задачи и автоматизации.

Подобного рода решение задач упрощает проектирование, но не может в полной мере раскрыть возможности оптимизации конструктивного решения, в

первую очередь из-за сложности анализа взаимосвязей между параметрами и, как следствие, применение приближений, условностей и т. д. Во-вторых, подход не может обобщить проектирование конструкций, так как для каждого конструктивного решения необходимо индивидуально проводить анализ взаимосвязи параметров (аргументов). К рассмотренному подходу можно отнести автоматизацию традиционных сложившихся методик проектирования.

Целевая функция. Методы оптимизации на основе применения целевой функции используются при проектировании различных типов конструкций и сооружений [2 ÷ 4]. Под оптимальным проектным решением стальной конструкции понимается конструкция с такими параметрами, при которых целевая функция принимает минимальное или максимальное решение. Поскольку на решение задачи накладываются определенные условия, то мы сталкиваемся с задачей определения условного экстремума целевой функции.

Целевую функцию можно представить в следующем виде:

$$K = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1)$$

где K — критерий оптимальности;

$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ — функция, описывающая зависимость между критерием оптимальности и параметрами конструктивного решения;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ — параметры конструктивного решения.

Функция $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ оптимизируется при условиях и ограничениях некоторых или всех аргументов, которые накладываются нормативными документами. В качестве параметров функции цели выступают геометрические, физические и другие характеристики рассматриваемого конструктивного решения, которые в свою очередь тоже могут являться функциями. Оптимальным называют такое конструктивное решение в допустимой области, в котором целевая функция принимает наименьшее (наибольшее) значение.

Основной проблемой численного решения оптимизации целевой функции с помощью ЭВМ является аналитический характер результатов. Некоторые параметры (аргументы) дискретны, т. е. их функции терпят разрывы, а, следовательно, не дифференцируемы и не интегрируемы. Они заменяются на непрерывные, и, как следствие, результат оптимизации не привязан к сортаменту листовой стали (применительно к составным сечениям конструкций). Следовательно, привязка результатов решения задачи к сортаменту дает погрешность. Еще одной проблемой в описанном методе является сложность решения с математической точки зрения. Существует необходимость задавать начальное приближение значений аргументов, что также может существенно влиять на конечный результат.

Предлагаемый метод оптимизации целевой функции. Решение задачи оптимизации сложной целевой функции может быть найдено с помощью положений комбинаторики и аналитической теории чисел. Такой метод оптимизации применим в случае, когда аргументы принадлежат к множеству дискретных значений, т. е. когда функция аргумента прерывиста и не может быть продифференцирована.

Применительно к проектированию стальных конструкций ограничениями будут являться требования нормативных документов, а в качестве аргументов будут выступать геометрические, физические параметры конструкции или системы конструкций. Например, класс стали, сортамент листового или фасонного металлопроката, унифицированные параметры рассматриваемой

системы, шаг прогонов, балок настила, и т. д., следовательно, дискретные множества значений известны. Рассмотрение задачи в обратном порядке делает возможным качественное исполнение оптимизации с пресечением описанных ранее погрешностей.

Представим целевую функцию в следующем виде:

$$K = f(a_i, b_j, c_k, \dots, n_t), \quad (2)$$

где K — критерий оптимальности;

a, b, c, \dots, n — аргументы функции, так что:

$$a_i \in A, i = 1 \dots |A|; b_j \in B, j = 1 \dots |B|; c_k \in C, k = 1 \dots |C|; n_t \in N, t = 1 \dots |N|;$$

A, B, C, \dots, N — множества дискретных значений аргументов;

$|A|, |B|, |C|, \dots, |N|$ — соответственно мощности множеств A, B, C, \dots, N .

Для оптимизации представленной функции предлагаемым нами методом необходимо построить совокупное множество, состоящее из комбинаций подмножеств (множеств аргументов). Далее необходимо произвести корректировку совокупного множества на основе ограничений, образующих целевую функцию. Формирование совокупного множества на основе множеств аргументов представлено на рисунке 1.

Мощность совокупного множества (комбинаций аргументов) определяется как произведение подмножеств:

$$|S| = |A| \cdot |B| \cdot |C| \cdot \dots \cdot |N|, \quad (3)$$

где $|S|$ — мощность совокупного множества аргументов.

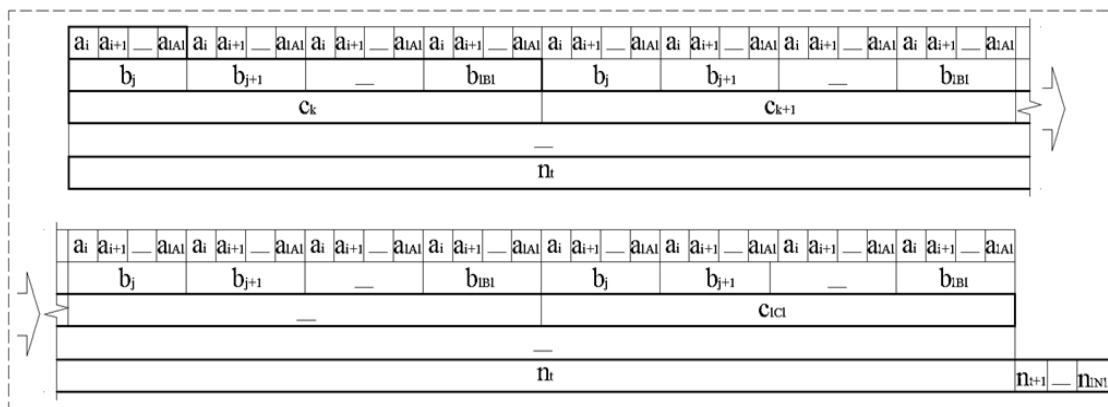


Рисунок 1 – Формирование совокупного множества на основе аргументов функции a, b, c, \dots, n из множеств A, B, C, \dots, N соответственно

Критерий оптимальности вычисляется для каждой комбинации аргументов внутри скорректированного по ограничениям совокупного множества. По вычисленным критериям производится сопоставление комбинаций между собой и выбор наиболее оптимальной в заданных расчетных условиях.

Рассмотрим пример.

Дана целевая функция в следующем виде:

$$K = f(a, b, c) = a^2 - 5 \cdot b^2 + 20 \cdot b \cdot c, \quad (4)$$

где $a_i \in A, i = 1 \dots |A|$ — выборка из некоторого множества $A = 3, 2, 6$;

$b_j \in B, j = 1 \dots |B|$, — выборка из некоторого множества $B = 5, 1, 6, 8$;
 $c_k \in C, k = 1 \dots |C|$, — выборка из некоторого множества $C = 9, 7$.
 Необходимо найти минимум функции K при условиях (5), (6).

$$a + b + c > 14 \quad (5)$$

$$(c - b^2 + a^3)^2 < 290 \quad (6)$$

Решение. Для наглядности представим решение в виде схемы (рисунок 2).

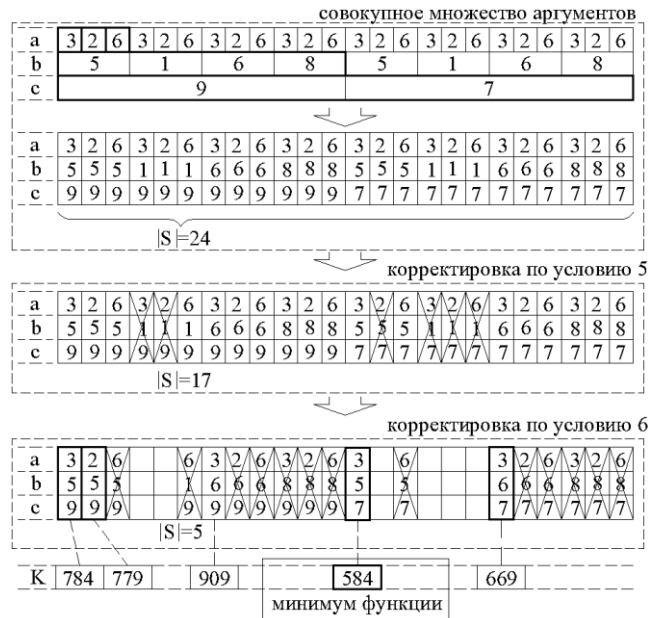


Рисунок 2 – Решение задачи оптимизации целевой функции предложенным нами методом

После формирования совокупного множества аргументов функции a, b, c описанным выше способом необходимо поочерёдно произвести его корректировку по условиям (5) и (6). Далее вычисляются значения критерия оптимизации $K = f(a, b, c)$ для каждой комбинации.

Мощность совокупного множества аргументов a, b, c функции будет равна произведению мощностей выборок A, B, C :

$$|S| = |A| \cdot |B| \cdot |C| = 3 \cdot 4 \cdot 2 = 24 . \quad (7)$$

Путем сопоставления критерия оптимальности выбирается одна или несколько комбинаций, при которых функция принимает наименьшие значения. Наиболее выгодные комбинации аргументов и будут являться решением задачи в заданных условиях.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования. Изложенный в статье метод оптимизации сложных конструктивных решений позволяет пресечь недостатки и погрешности традиционных методов и гарантирует самый экономичный вариант из возможных в заданных расчетных условиях при конкретных исходных данных.

На основе комбинаторики и аналитической теории чисел в связке с целевой функцией возможно создание в перспективе методик проектирования конструктивных решений здания зданий и сооружений в целом (в пределах вычислительных возможностей ЭВМ). Формирование совокупного множества аргументов функции, предоставляет возможность включения огромного числа параметров,

определяющих критерий оптимальности. Такой подход позволяет рационально использовать материальные ресурсы, повышая конкурентоспособность отечественной строительной продукции, и применим для любых типов зданий.

Заключение. Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Использование положений комбинаторики и аналитической теории чисел упрощает поиск экстремумов параметрической функции;
2. Метод оптимального проектирования максимально объективен, так как исключает проблемы поиска решения задачи, в том числе связанные с анализом взаимосвязи параметров (аргументов) целевой функции;
3. Применение изложенного метода оптимального проектирования позволит повысить эффективность оптимизации сложных конструктивных решений;
4. Метод имеет значительные перспективы, так как применим не только к проектированию конструкций, но и к любой стадии строительного производства.

Список цитированных источников

1. Клюев, С.В. Оптимальное проектирование стальной пространственной фермы / С.В. Клюев, А.В. Клюев, Р.В. Лесовик // Вестник ТГАСУ. – 2008. – № 1. – С. 74–78.
2. Востров, В.К. Оптимизация высот поясов стенки резервуара / В.К. Востров, А.А. Василькин // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2005. – № 11. – С. 37–40.
3. Пелешко, І.Д. Оптимальне проектування металевих конструкцій на сучасному етапі (огляд праць) / І.Д. Пелешко, В.В. Юрченко // Металлические конструкции. – 2009. – № 1. – Т. 15. – С. 13–21.
4. Лихтарников, Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций / Я.М. Лихтарников. – М.: Стройиздат, 1979. – 319 с.
5. Денисова, А.П. Методы оптимального проектирования строительных конструкций / А.П. Денисова, С.А. Расцепкина. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 216 с.
6. Марчук, И.Н. К автоматизации оптимального проектирования составных сечений металлических конструкций // Сборник научных работ / УО «Брестский государственный технический университет» – Брест, 2015. – 158–161 с.

УДК 624.072.011.

Мелюх Д.В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Жук В.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯНЫХ БАЛОК НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЛАСТИНАХ

Целью настоящей работы является определение коэффициентов k_w и k_i , учитывающих изменение момента сопротивления и момента инерции соответственно деревянных балок составного сечения на металлических зубчатых пластинах (МЗП).

В современных деревянных конструкциях наряду с традиционными механическими крепежными деталями: гвоздями, болтами, винтами, шурупами и т. д. — все чаще находят применение металлические зубчатые пластины, представляющие собой систему зубьев, объединённых общим основанием. При одинаковых условиях сборки МЗП увеличивают несущую способность узлов деревянных конструкций по сравнению с гвоздевым креплением за счет увеличения количества связей на одной и той же площади крепления. С помощью МЗП можно собирать различные деревянные конструкции, большей частью из досок, например: фермы, рамы, каркасы, — сращивать материалы