

Бояринцев Г.А., Малюк Д.В.

ПРОБЛЕМЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

При сравнении нескольких вариантов организационно-технологических решений строительного производства или при решении задач оптимизации часто приходится сталкиваться с многокритериальными задачами. Случай *однокритериальной* или *скалярной оптимизации* является классическим, а ее методы – хорошо разработаны, однако в реальных условиях оценка планов по какому-либо одному критерию может оказаться некорректной. В этом случае приходится заниматься *многокритериальной* или *векторной оптимизацией*. Задачи оптимизации или сравнения вариантов при наличии нескольких критериев приобретают повышенную сложность. Приходится решать следующие проблемы:

1.) Определение области компромисса.

Вся область допустимых решений при многокритериальной оптимизации может быть разделена на два подмножества: *область согласия* и *область компромисса*.

Областью согласия является подмножество из множества допустимых решений, отличающееся тем свойством, что каждое из решений, принадлежащее области согласия, можно улучшить, не ухудшая ни одного из критериев оптимальности.

Областью компромисса является подмножество из множества допустимых решений, отличающееся тем свойством, что каждое решение, принадлежащее области компромисса невозможно улучшить, не ухудшая значения хотя бы одного критерия оптимальности.

Оптимальное решение не может принадлежать области согласия, так как здесь всегда можно найти лучшее решение. Следовательно, оно может принадлежать только области компромисса.

Таким образом, выделив область компромисса, мы можем сузить область поиска оптимального решения.

2.) Определение схемы компромисса.

Выбор оптимального решения из области компромисса может осуществляться только по строго определенной схеме компромисса.

При выборе схемы компромисса возможно два подхода: *аналитический* и *аналитико-эвристический*. Первый состоит в следовании строгим рекомендациям, для каких ситуаций следует применить определенную схему компромисса. Этот подход очень перспективен, однако для него отсутствует теоретическая база. Второй подход состоит в том, что из определенного набора схем компромисса специалистом выбирается одна на основе анализа ситуации, построенном на опыте.

Каждая схема компромисса основана на определенном принципе оптимальности, а именно:

2.1.) *Принцип равномерности* основан на условии равномерного улучшения всех критериев оптимальности. Он может быть реализован разными методами. В строгой форме он заключается в требовании равенства уровня всех критериев. Однако при таком строгом подходе задача может не иметь решений, поэтому часто прибегают к приближенной вариации этого принципа – *принципу квазиоптимальности*. При этом осуществляется максимизация всех критериев опти-

мальности при условии, что разница между их уровнями не будет превышать некоторой условной величины. Реализация этого принципа осуществляется путем улучшения критерия с наименьшим уровнем.

2.2.) *Принцип справедливой уступки* основан на оценке и сравнении увеличения или снижения уровня различных критериев оптимальности. Этот принцип имеет две формы. *Принцип абсолютной справедливой уступки* основан на следующем утверждении: решение считается более рациональным, когда суммарный уровень снижения одного или нескольких критериев не превышает суммарного прироста других критериев. Этот принцип может быть реализован в виде модели максимизации суммы критериев. Если критерии неравнозначны между собой, применяется модель максимизации средневзвешенной суммы. *Принцип относительной справедливой уступки* аналогичен предыдущему, но вместо абсолютного уровня снижения применяется величина относительного изменения. Этот принцип может быть реализован в виде модели максимизации произведения критериев.

2.3.) *Принцип выделения основного критерия* сводит задачу к скалярной оптимизации по основному критерию, остальные же критерии вводятся в форме дополнительных ограничений.

3.) Нормализация разноразмерных критериев.

Часто в задачах векторной оптимизации различные критерии могут иметь разную размерность, что приводит к невозможности сравнения этих критериев. В этом случае необходимо выполнить их сведение к единой размерности и единому масштабу, т.е. *нормализацию*:

$$x_i^{norm} = \frac{x_i}{x_i^{opt}}, \quad (1)$$

где x_i^{norm} – нормированное значение i -го критерия, x_i – исходное значение i -го критерия, x_i^{opt} – оптимальное или максимально возможное значение i -го критерия. Формула (1) применяется для максимизируемых критериев. Для минимизируемых критериев применяется формула:

$$x_i^{norm} = \frac{x_i^{opt}}{x_i}. \quad (2)$$

4.) Учет приоритетности критериев.

Часто среди критериев оптимальности необходимо выделить более или менее значимые. Чтобы учесть степень значимости критериев применяются несколько методов: при помощи ряда приоритетности, при помощи вектора приоритете и при помощи вектора значимости.

Ряд приоритетности представляет собой упорядоченное множество критериев, расположенных в порядке убывания предпочтительности, при этом количественно это никак не учитывается.

Вектор приоритетности $\vec{\lambda}$ состоит из компонент, показывающих степень приоритета каждого члена ряда priori-

Бояринцев Георгий Анатольевич. К.э.н., доцент каф. экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Малюк Дмитрий Владимирович. Ассистент каф. экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская 267.

тетности над последующим. Число λ указывает, во сколько раз i -й критерий ряда приоритетности более предпочтителен, чем $i+1$ -й. Количественно это выражается тем, что при сравнении двух вариантов по этим критериям приращение i -го критерия дополнительно умножается на λ .

Вектор значимости (весомости) \vec{q} состоит из компонент, являющихся весами критериев. В отличие от вектора приоритетности, где показывается сравнительная характеристика, компоненты вектора \vec{q} показывают общую значимость критерия в общей совокупности.

При решении конкретных задач строительного производства можно столкнуться со следующими трудностями:

- Выбор критериев. При сравнении конструктивных вариантов это не представляет трудностей, так как здесь нет разногласий в применении традиционных критериев приведенных затрат. При сравнении и оптимизации технологических решений в качестве критериев могут выступать приведенные затраты, продолжительность, трудоемкость работ. При сравнении организационных решений могут возникать трудности, так как обычно расходы на реализацию различных организационных решений при одной технологии одинаковы. Критерий продолжительности выполнения работ можно поставить под сомнение, так как часто неоправданное или чрезмерное сокращение сроков может привести к дополнительным трудностям по реализации данного решения. Такие критерии, как ритмичность, непрерывность, равномерность, совмещение являются более важными, так как обеспечивают стабильную и устойчивую работу строительной организации в разрезе объекта или комплекса объектов. Однако такие кри-

терии поддаются количественной оценке только косвенно, причем разными авторами предлагаются различные оценки.

- Оценка приоритетности критериев. Какой бы строго обоснованный метод оценки приоритетности мы не выбрали, все равно невозможно избавиться от субъективности оценок. Разными специалистами могут даваться разные оценки приоритетности при одних и тех же условиях строительного производства, что дает различные решения.

- Трудность формализации. Сведение задач строительного производства к различным математическим методам может быть затруднено. Всякая строительная организация представляет собой сложную динамическую систему и поэтому приходится учитывать большое количество внутренних и внешних факторов, оказывающих на нее влияние. Решить такую задачу строго аналитическими методами не всегда возможно даже с использованием средств вычислительной техники.

- Влияние случайных факторов. Многие факторы при построении математической модели могут быть заданы только с некоторой степенью достоверности, в некоторых случаях может иметь место полная неопределенность информационной базы, что доставляет дополнительные трудности.

Таким образом, разработка организационно-технологических решений, их оценка и сравнение, представляет собой весьма трудоемкий процесс, требующий применения средств вычислительной техники. Это требует привлечения дополнительных средств на проектирование. В большинстве случаев эти затраты себя оправдывают, так как пересчет нескольких дополнительных вариантов организационно-технологических решений, занимающий несколько часов машинного времени или несколько дней работы ИТР, может привести к существенной экономии средств на стадии выполнения проекта

УДК 624.04: 539.4

Алявдин П.В.

ЗАДАЧИ СИНТЕЗА КОНСТРУКЦИЙ С ПОВЫШЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы были проведены исследования автора [1] - [6] по созданию нового класса конструкций, обладающих повышенной жесткостью и несущей способностью. Эти качества могут быть выявлены только в результате учета геометрически нелинейных эффектов, вызванных изменением формы конструкции под нагрузкой. В данной работе рассмотрены особенности реализации нового класса систем применительно к обычным или предварительно напряженным конструкциям, подвергающимся однократным и повторно-переменным квазистатическим воздействиям. Сформулирована оптимизационная задача синтеза конструкций, обладающих повышенной несущей способностью.

Предложены критерии, гарантирующие повышенную несущую способность конструкций вследствие пластических деформаций и геометрически нелинейных эффектов в предельных состояниях. Рассматривается общий случай повторно-переменных квазистатических воздействий; однократные воздействия представляют собой их частный случай. Учтена возможность хрупкого разрушения основных или дополнительных элементов конструкции.

Выявлен механический смысл предложенных критериев.

Показано, что устойчивость пластического деформирования системы «в малом» определяется соответствующими геометрическими матрицами конструкции в рассматриваемом, в том числе в предельном состоянии. В зависимости от их положительной определенности система или будет разрушаться, или будет способна воспринять еще дополнительную нагрузку. Рассмотрена также устойчивость пластического деформирования системы «в большом»; ее необходимо анализировать численными методами.

Отметим, что классическая теория предельного равновесия, позволяющая достаточно просто определить несущую способность идеально упругопластических строительных и других конструкций на основе геометрически линейного анализа, не может оценить предельное поведение конструкции. Такая оценка важна для прогнозирования поведения конструкции в экстремальных обстоятельствах, для анализа ее живучести, а также в случаях, когда определяющим фактором оказывается не прочность, а жесткость системы. Аналогичные проблемы возникают и при анализе приспособляемости конструкций, на которые действуют повторно-переменные нагрузки.

Алявдин Петр Владимирович. Профессор, доктор технических наук. Кафедра строительной механики Политехника Зеленогурской, Зеленая Гора, Польша. E-mail: palawdin@brick.wbis.pz.zgora.pl.