22. Путан, А.А. Оценка кристаллизационных давлений в пористых средах методом фотоупругости / А.А. Путан, А.А. Барташевич // Методы исследований стойкости строительных материалов и конструкций. – Мн.: Выш. Шк., 1969. – С. 60-69.

23. Гузеев, Е.А. Расчет железобетонных конструкций с учетом кинетики коррозии бетона третьего вида: сб. научн. трудов НИИЖБа / Е.А. Гузеев, Н.В. Савицкий / под общ. ред. С.Н. Алексеева. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1988. – С. 16-20.

24. Шалимо, М.А. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 200 с.

25. Батяновский, Э.И. Морозо- и солестойкость бетона, подверженного механическим нагрузкам / Э.И. Батяновский, А.И. Бондарович // Вестник БНТУ, 2007. – №1. – С. 12-12.

26. Батяновский, Э.И. Оценка эксплуатационной долговечности тяжелого бетона по критерию «остаточной» морозостойкости / Э.И. Батяновский, А.И. Бондарович // Автомобильные дороги и мосты, 2010. – №2(6). – С. 49-59.

УДК 624.04

Борисевич А.А.

К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

В предлагаемой методике поиска оптимального проекта считаются известными функциональные выражения усилий в расчетных сечениях в зависимости от геометрических характеристик сечений элементов конструкции. Для определения их используются общие уравнения строительной механики и современные системы компьютерной математики, позволяющие проводить вычисления в символьном виде.

Геометрические характеристики сечений (площадь сечения – A, момент сопротивления – W, момент инерции J) элементов, которые можно включать в проект оптимизируемой системы, считаем известными. В частном случае, если предполагается использовать сортаментные профили, то необходимо знать возможные номера профилей и соответствующие им геометрические характеристики.

Поскольку в процессе оптимизации поисковая точка, как правило, оказывается не совпадающей с точкой, соответствующей номеру сортаментного (стандартного) профиля, то следует получить аппроксимирующие функции для геометрических характеристик сечений (например, полиномы), которые, естественно, должны как можно точнее соответствовать принимаемому ряду используемых в проекте профилей. Степень полинома должна приниматься на единицу меньшей числа возможного набора сортаментных профилей, включаемых в аппроксимирующую функцию. Это позволит установить для любой точки (из возможного интервала изменения переменных проектирования) взаимосвязь между используемыми в расчете характеристиками сечений.

В реальной практической ситуации получить в символьном виде выражение для определения усилия не всегда возможно. Современные компьютерные программы не позволяют выполнить такие операции для систем с большим числом переменных. Возможны различные приближенные способы решения этой задачи. Назовем один из них. В окрестности исследуемого сечения необходимо выделить фрагмент расчетной схемы объекта и с помощью общих уравнений механики получить выражение для усилия в зависимости от жесткостей стержней, включенных в этот фрагмент, и нагрузки, соответствующей заданной. Эти выражения используются в дальнейших вычислениях только для определения направления движения поисковых точек, контроль же результатов (напряжений, перемещений и др.) на каждом шаге расчета проводится с помощью исходной расчетной схемы объекта.

Используя функциональную зависимость для усилия (например, изгибающего момента M) в расчетном сечении можно вычислить градиент функции (в частности градиент M или нормального напряжения σ) в этом сечении. Это даст возможность построить в начальной точке прямую (плоскость, гиперплоскость), перпендикулярную градиенту, которую можно рассматривать как линеаризованное в этой точке выражение для M или σ. Смещенная параллельно относительно начального положения на заданное расстояние, эта прямая может в дальнейшем рассматриваться как одно из возможных ограничений в задаче оптимизации.

Замечание. Компоненты градиента усилия могут быть найдены и численно [1], однако в этом случае увеличивается продолжительность вычислений.

В общей записи ограничения на прочность элементов по нормальным сечениям имеют вид: $\varphi = R - \sigma \geq 0$, где R – расчетное сопротивление материала; σ – напряжение в сечении с известными характеристиками от заданной нагрузки.

Скорость изменения φ в зависимости от площади сечения равна $\frac{\partial \varphi_i}{\partial A_k} = -\frac{\partial \sigma_i}{\partial A_k}$.

Индекс i соответствует номеру сечения, индекс k – номеру площади сечения.

Определяя скорость изменения φ в сечении изгибаемого элемента, получим

$$\frac{\partial \varphi_i}{\partial A_k} = -\frac{\partial M_i(A)}{\partial A_k} \cdot \frac{1}{m \cdot W_k}.$$

Коэффициенты m, учитывающие различные особенности работы конструкции, являются константами. В дальнейшем принимаем их равными единице (они принципиально не влияют на алгоритм расчета).

Выражение справа от знака равенства – это не что иное, как коэффициент чувствительности функции φ_i к изменению площади сечения A_k.

Для элементов, испытывающих растяжение-сжатие

$$\frac{\partial \varphi_i}{\partial A_k} = -\frac{\partial N_i(A)}{\partial A_k}.$$

Выражения вида $\frac{\partial \varphi_i}{\partial A_k} \cdot \Delta A_k \leq \gamma(R - \sigma)$ представляют ограничения на изменение (вариацию) площади сечения элемента конструкции. С геометрической точки зрения эти выражения при замене знака $\leq$ на знак $=$ представляют прямые линии в двумерном пространстве.

Можно получить и другой вид ограничений, позволяющий установить взаимосвязь между переменными ΔA_k.

Градиент функции φ_i в исследуемом сечении имеет компоненты $\frac{\partial \varphi_i}{\partial A_1}, \frac{\partial \varphi_i}{\partial A_2}, \cdots, \frac{\partial \varphi_i}{\partial A_k}, \cdots$. При известных значениях геометрических характеристик сечений (точка с координатами $A_1, A_2, A_3, \cdots$) выполним один шаг статического расчета конструкции (системы) и вычислим grad φ_i (другое обозначение $\nabla \varphi_i$). Уравнение нормали к градиенту в этой точке будет, как отмечено ранее, представлять собой линеаризованное в ограниченной окрестности ($\Delta A_k^- \leq \Delta A_k \leq \Delta A_k^+$) выражение для усилия в сечении i. Получив соответствующее уравнение прямой, плоскости или гиперплоскости, связывающее переменные A_k, можно, при изменении координат исходной точки на $\overline{\Delta A}$, записать ограничение на изменение переменных проектирования.

Формируя область допустимых решений (ОДР), следует координаты начальной точки принять значительно увеличенными.

Возможны различные способы поиска оптимального проекта. Во всех случаях вычислительный процесс является итерационным.

Поисковая точка вначале находится внутри ОДР, т.е. заведомо удовлетворяет ограничениям задачи. Организовать движение ее к границе ОДР можно с помощью матрицы, проектирующей вектор антиградиента целевой функции на плоскость, задаваемую ограничением, вдоль нормального к ограничению вектора a. Матрица вычисляется по выражению: $P_{\perp} = a*(a^T*a)^{-1}*a^T$, где a – нормаль к прямой ограничения, (a^T*a) – скаляр.

Приемлемым является также способ, основанный на смещении поисковой точки по направлению касательной при неизменном значении градиента. С точки зрения геометрии это указывает на необходимость замены прямой, соответствующей направлению градиента и проходящей через начальную точку, на параллельную ей (принимаем значение градиента в новой точке равным предыдущему), причем такую, чтобы новые координаты незначительно отличались от предыдущих.

Полезно иметь в виду и следующий вариант решения. Продвижение поисковой точки по направлению антиградиента ведет к уменьшению целевой функции. Принимая конкретное (уменьшенное) значение целевой функции, получим возможность записать систему уравнений (одно из них будет соответствовать уравнению целевой функции для принятого значения, а второе – прямой, параллельной градиенту), решение которой позволит найти новые значения переменных проектирования.

В случае формулировки задачи в виде задачи линейного программирования необходимо получить выражение для приращения усилий в расчетном сечении и записать ограничение на приращение напряжений в сечениях при переходе к новой точке. Определив напряжения в расчетных сечениях, следует, имея в виду двухэтапное решение задачи на каждом шаге оптимизации (этап статического расчета плюс этап оптимизации), принять полученные значения ПП за исходные и продолжить вычисления.

Исследования проведены на примере расчетной схемы перекрестных балок (рис. 1).

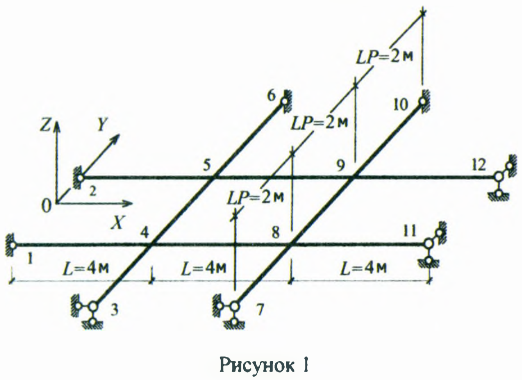

Рисунок 1

Ограничения на напряжения и перемещения, по смыслу задачи, противоречивы. В первом случае требуется уменьшать площади сечений, во втором – увеличивать. Математическая модель задачи оптимизации на каждом шаге расчета формулируется в зависимости от степени активности этих ограничений

Доводка решения в ε– оптимальную окрестность может быть выполнена с помощью различных способов и возможных дополнительных ограничений на напряжения.

Все названные способы поиска оптимального проекта приводят, в конечном итоге, к локальному оптимуму. Практическое решение задачи о поиске глобального оптимума сводится к использованию различных начальных точек.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борисевич, А.А. Некоторые вопросы определения напряженно-деформированного состояния проектируемых объектов и формирования ограничений в задачах оптимизации / А.А. Борисевич // Строительная наука и техника. – 2012. – №. 2(41). – С. 44-48.

УДК 747

Боровкова А.А.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЩЕЖИТИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ. ЖИЛИЩНЫЙ ВОПРОС

Целью настоящей работы является изучение тенденций проектирования жилья для молодежи, в данном случае – студентов. Рассматриваются вопросы как о количестве жилых единиц общежитий, путем изучения статистики по РБ, так и о качестве студенческих общежитий.

Современные политические процессы, происходящие в Республике Беларусь, выявляют остроту жилищной проблемы. На первый план сегодня выносится задача создания доступного социального жилья, в том числе жилья для студентов.

В настоящее время в нашем государстве принят целый ряд документов, подтверждающих, что молодежная политика белорусского государства признается важнейшим направлением его деятельности, важнейшей частью концепции демографического развития Республики, важнейшим направлением социальной политики, действует программа «Молодежь Беларуси» [1], осуществляется дальнейшее развитие различных форм стимулирования и государственной поддержки строительства жилья для молодежи и молодых семей (представление субсидий, долгосрочных кредитов, целевых займов, привлечение внебюджетных источников финансирования). Вместе с тем, следует отметить, что сложная экономическая ситуация в стране не позволяет в одночасье в полной мере решить жилищную проблему молодежи.

Проанализируем ситуацию, сложившуюся на 2014 год, поступления абитуриентов в высшие учебные заведения Республики Беларусь (табл. 1) [2].

По состоянию на начало 2013/2014 учебного года на 10 000 человек населения республики приходится 418 обучающихся студентов учреждения высшего образования, что на 35 человек меньше, чем в предыдущем году. Причиной снижения данного показателя является снижение на 32 617 человек общей численности обучающихся (студентов, курсантов, слушателей) учреждений высшего образования по сравнению с предыдущим годом.