

$$P_3 = P_{\text{тех}} * K_6 * f_7, \quad (3)$$

где  $K_6$  – коэффициент учитывающий использование машины по времени;

$f_7$  - коэффициент, учитывающий разряд машиниста. В соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих, машинист экскаватора должен иметь 6 разряд.

Численное значение коэффициента  $k_6$  зависит от организации работ на строительной площадке. Он является показателем того, на сколько, эффективно используется рабочее время.

Следовательно эксплуатационную производительность можно принять в качестве базовой величины, при нормировании затрат труда на разработку котлована гидравлическим экскаватором обратная лопата.

Для реализации поставленной задачи была разработана программа «Автоматизация расчета производительности одноковшовых гидравлических экскаваторов в системе компьютерной математики MathCAD», позволяющая выполнить расчеты, с учетом всех коэффициентов указанных в (2). В работе рассматриваются экскаваторы на колесном ходу: ЕК-14-20 (г.Тверь), EW 1901 (г.Жлобин); на гусеничном ходу: ЕТ 2301 (г.Жлобин), ЭО-5124 (г.Воронеж), ЕТ-18 (г.Тверь), которые выпускаются в настоящее время и массово используются в строительстве.

Целью работы является, дать численные значения норм затрат труда по разработке котлованов экскаваторами обратная лопата, по результатам расчетов

Следовательно, для разработки норм затрат труда на разработку котлованов экскаватором, в расчётах учитываются такие основные технические характеристики экскаваторов (мощность экскаватора, массу, радиус и глубину копания, угол поворота, скорость поворота платформы, время цикла и т.д.), а так же организация и технология производства земляных работ конкретного объекта.

#### Список цитированных источников

1. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып.1. Здания и промышленные сооружения: НЗТ. Сборник 4. – Минск: Минсктипроект, 2009. - 97 с.
2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы: ЕНиР. сб. Е2. Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1988. - 224 с.
3. Щемелев А. М., Партнов С. Н., Белоусов Л. И. Строительные машины и оборудование, практикум: Минск:Беларусь, 2011, с.231
4. Теличенко В.И. Технология строительных процессов: в 2-х ч./ В.И.Теличенко, ОМ Терентьев, А.А. Лапидус.- 4-у изд., стер.- Москва: Высш.шк.,2008. –Ч.1: учебник -391с.

УДК 624.014.2

*Марчук И.Н.*

*Науч. руководители: к.т.н., проф., Уласевич В.П.; маг.т.н., ассист., Жданов Д.А.*

### К АВТОМАТИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВНЫХ СЕЧЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Целью настоящей работы является разработка методики автоматизированного проектирования оптимальных составных сечений металлических конструкций.

Предмет исследования – методика компоновки оптимального составного сечения.

Объект исследования – металлические конструкции, имеющие составное сечение.

Задача проектирования составного сечения металлических конструкций достаточно распространена. Такие конструкции применяются в жилых, общественных и промышленных зданиях, в эстакадах, мостах, в различных инженерных сооружениях в виде колонн, балок и т.д. На составное сечение конструкций переходят, когда характеристики прокатных элементов не отвечают предъявляемым требованиям прочности, жесткости, устойчивости.

С компоновкой составных оптимальных сечений металлических конструкций связаны некоторые трудности, которые возникают в первую очередь из-за вариантности решаемой задачи, так как сечение имеет целый ряд переменных параметров, нерациональная комбинация которых может негативно отразиться на экономичности и технологичности проектируемых конструкций [1]. Для решения такой задачи обычно прибегают к различного рода условиям и приближениям, так, например, методика проектирования составного сечения двутавровой балки базируется на предположении, что оптимальным сечение будет в случае, когда масса стенки и масса полок равны между собой. На основе этого находится оптимальная высота путем исследования функции веса балки на экстремум, которая сведена к функции одной переменной (1).

$$h_{opt} = k \sqrt{\frac{W_{mp}}{\delta_{cm}}}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент зависящий от конструктивного оформления балки;  $W_{mp}$  – требуемый момент сопротивления;  $\delta_{cm}$  – толщина стенки.

Расчет по формуле (1) косвенно учитывает ряд параметров поперечного сечения и соотношения между ними (геометрические размеры составных частей) [2], что может привести к не самому оптимальному решению задачи, особенно при наличии дополнительных ограничений, а также при необходимости привязки к сортаменту листовой прокатной стали или к его части.

С учетом вышесказанного была разработана методика, позволяющая учесть указанные выше трудности, и автоматизировать процесс оптимального проектирования составного сечения конструкций. В ее основе лежит использование функции цели (функция множества переменных, подлежащая оптимизации), в качестве которой принята площадь сечения (2):

$$A = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2)$$

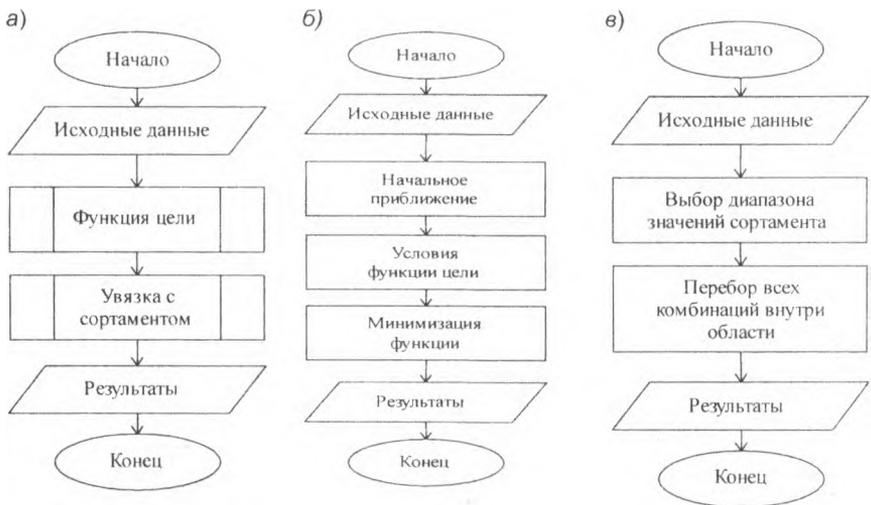
где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – геометрические характеристики элементов, составляющих сечение.

Эта функция многократно усложнена различными требованиями и условиями, предъявляемыми к ней (прочность, жесткость, устойчивость свесов, отсутствия продольных ребер, конструктивные требования и т.д.). Например, условие прочности по нормальным напряжениям имеет вид (3):

$$\sigma = \frac{M}{W(x_1, x_2, \dots, x_n)} \leq R_y(x) \gamma_c, \quad (3)$$

где  $W(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – момент сопротивления составного сечения, зависящий от геометрических характеристик элементов, составляющих сечение;  $M$  – изгибающий момент в расчетном сечении;  $R_y(x)$  – расчетное сопротивление стали, которое зависит от толщины проката;  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы конструкции.

После анализа и представления в конечном виде, функция исследуется на экстремум. Поиск минимума функции цели становится возможным с использованием различных современных систем компьютерной алгебры, таких как Mathcad, Matlab и др. На рисунке 1 представлены блок-схемы обобщенного алгоритма методики оптимальной компоновки составного сечения.



а) методики компоновки сечения; б) функции цели; в) увязки с сортаментом

**Рисунок 1 – Укрупненные блок-схемы алгоритмов**

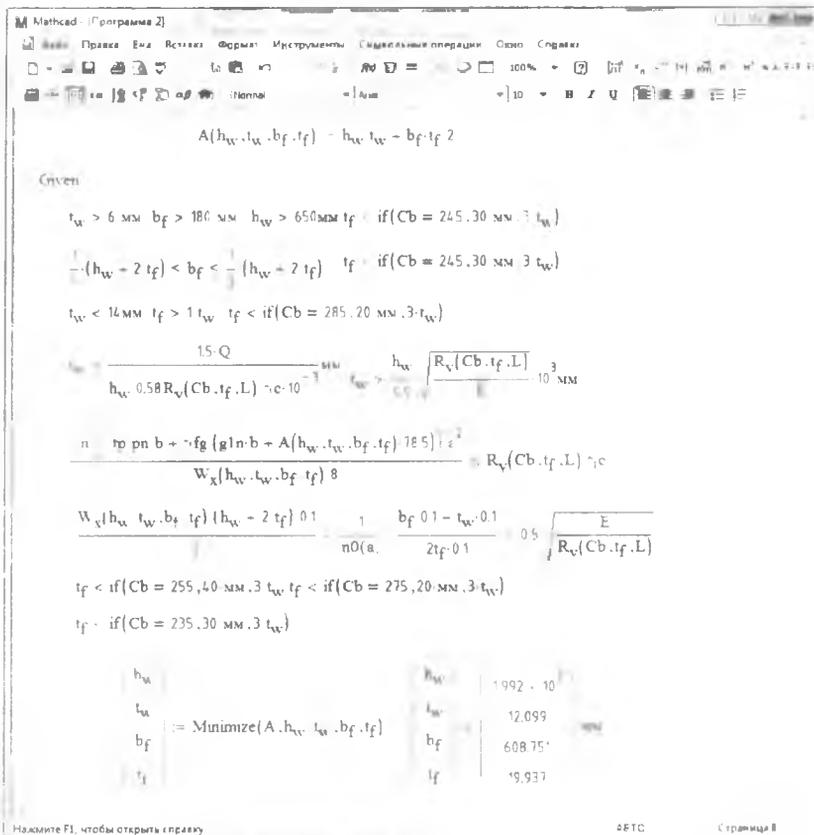
После минимизации функции цели осуществляется увязка аналитического решения задачи с дискретными величинами сортамента, путем выделения области в нем и перебора всех возможных вариаций внутри этой области с последующим выбором оптимальной комбинации параметров геометрических характеристик составного сечения.

Преимущества разработанной методики:

- Возможность применения при проектировании любых конструкций, имеющих составное сечение (необходимо лишь указать функцию площади и условия, ограничивающие ее).
- Возможность применения при проектировании по любым нормам (необходимо указать актуальные условия и требования соответствующих норм)
- Возможность скомпоновать самое экономичное составное сечение при существующем сортаменте листовой стали (с учетом сортаментов местных металлообрабатывающих предприятий).

В настоящее время реализован алгоритм автоматизированного подбора эффективного составного сечения главной балки балочной клетки промышленного здания в вычислительной среде Mathcad [3]. Так же алгоритм включает в себя:

компоновку балочной клетки, подбор прокатных балок настила и второстепенных балок, сравнение нормального и усложненного типов балочной клетки, расчет настила и его крепления. Минимизация функции цели в задаче компоновки сечения главной балки показана на рисунке 2. Минимизация осуществляется с помощью встроенной функции «Given-Minimize».



**Рисунок 2 – К минимизации функции цели в задаче компоновки сечения главной балки**

#### Список цитированных источников

- 1 Вахуркин, В.М. Форма двутавровых балок в условиях наименьшего расхода материала в условиях наименьшей стоимости / В.М. Вахуркин // Вестник инженеров и техников №5 – 1951.
2. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е.И. Беленя, В.А. Балдин и др. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 560 с.
3. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15. Учебный курс / Е.Г. Макаров – Санкт-Петербург: Издательство «Питер», 2011. – 400 с.