

По мере засорения фильтра его промывают осветленной водой обратным потоком, со сбросом промывочной воды в бак 1. Очищенные от механических примесей промышленные стоки подают в электрокорректор 6, представляющий собой электродиализатор с нерастворимыми электродами и неактивной разделительной мембраной. В результате воздействия электрического тока и продуктов электрохимических реакций происходит обеззараживание сточных вод и образование двух потоков: католита и анолита (соответственно со щелочной и кислой средами). Католит, имеющий щелочную среду и содержащий взвесь CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$, направляется в электрофлотокоагуляционную установку, как указывалось ранее. Анолит, имеющий кислую среду, пропускают через камеру-нейтрализатор фильтра 5 и сбрасывают в водоемы или используют повторно в качестве технической воды.

Выполненные технико-экономические расчеты подтверждают техническую целесообразность и экономическую эффективность разработанного технологического комплекса. Предлагаемая технология утилизации сточных вод имеет также и экологическую направленность, так как помимо решения проблемы дефицита пресных вод на промышленных площадках достигается и экологический эффект по снижению уровня загрязнения окружающей среды.

Литература

1. Стоянов Н. И. Технологическое совершенствование процессов обработки воды в теплоэнергетике: монография. Ставрополь: Издательство СевКавГТУ, 2008. 200 с.
2. Способы предочистки воды при использовании мембранных методов в водоподготовке на теплоэлектростанциях / Н.И. Стоянов, И.А. Гейвандов, А.И. Воронин // ВодаMagazine. М.: «Издательский дом «ЭкоМедиа». 2009. № 10(26). С. 46–49.
3. Совершенствование процессов обработки воды на теплоэлектростанции (ТЭС) / Н.И. Стоянов, А.Н. Хорошилов // Вестник СевКавГТУ. 2010. № 3(24). С. 147–153.

УДК 624.014

Гаврилова Алла Ильинична, Гутенёва Светлана Вячеславовна

КОМПОНОВКА СЕЧЕНИЯ СОСТАВНЫХ БАЛОК С УЧЁТОМ ОПТИМИЗАЦИИ СТАЛИ

В статье для составных стальных балок приведена формула, которая позволяет за один раз определить максимально возможное эффективное значение расчетного сопротивления материала балок изгибу R_y и получить оптимальное решение.

Ключевые слова: составные балки, компоновка сечения, оптимальная высота, минимальная высота, строительная высота перекрытия, расчетное сопротивление стали изгибу.

Gavrilova Alla Ilinichna, Guteneva Svetlana Vyacheslavovna

LAYOUT SECTION COMPOSITE BEAMS WITH A VIEW TO OPTIMIZING THE STEEL

In the article for the composite steel beams is given the formula, which makes it possible one time to determine a maximally possible effective value of the calculated strength of materials of beams to bending R_y and to obtain optimal solution.

Key words: composite beams, the layout of section, optimum height, minimum height, the structural depth of the overlap, the calculated resistance of steel to bending.

В соответствии с действующими строительными нормами на проектирование СП 16.13330.2011. Стальные конструкции Актуализированная редакция СНиП II-23-81* в зависимости от того, в каких условиях работает конструкция или какой нагрузке она подвержена (вибрационной, подвижной или статической) балки относят к первой или второй группам по работе материала в конструкции. В свою очередь, в пределах каждой группы конструкций в зависимости от температуры эксплуатации стали (расчётной температуры, °С) к ней предъявляются требования по ударной вязкости при различных температурах. В пределах климатических районов строительства (расчётная температура, °С) содержится перечень рекомендованных сталей: без наложения ограничений по применению, с ограничениями по применению или не разрешённых к применению для данной группы конструк-

ций. Так, например, для южного исполнения конструкций (при расчётной температуре $t \geq -30^\circ\text{C}$) перечень разрешённых к применению сталей по ГОСТ 27772-88 достаточно большой. Несколько меньше он при температурах $-30^\circ\text{C} > t \geq -40^\circ\text{C}$.

Рациональный выбор стали в пределах каждой группы рекомендуют выполнять на основании сравнения технико-экономических показателей (расхода стали и стоимости конструкции), а также с учётом заказа металла и технологических возможностей завода-изготовителя. При этом не приводятся никакие рекомендации по выбору наиболее экономичной стали. Поэтому чаще всего (если в задании на проектирование не указана конкретно сталь для конструкции) выбор стали осуществляют путём последовательного приближения к наиболее экономичной по результатам расчётов, выполненных для балок из разных сталей, начиная с той, которая меньше по прочности в данной группе. О рациональности применения стали для составных балок судят по полученным значениям оптимальной высоты балки h_{opt} и минимальной высоты h_{min} . Оптимальной считается сталь, при которой полученные значения оптимальной высоты h_{opt} и минимальной h_{min} будут равны. В этом случае считается, что конструкция не будет иметь излишнего запаса прочности и жесткости, а соответственно, будет наиболее экономичной по расходу стали и стоимости. При этом по возможности необходимо использовать прокат минимальной толщины. Определено, что оптимальная высота h_{opt} соответствует минимуму массы балки (1, с. 187–189), отвечает требованиям прочности по первой группе предельных состояний, а минимальная h_{min} – необходимой жёсткости при полном использовании несущей способности материала (1, с. 189) и отвечает требованиям второй группы предельных состояний.

В существующей методике подбора любого составного сечения, в частности и составных балок, можно выделить следующие этапы:

- 1) предварительное определение основных параметров поперечного сечения при использовании имеющихся рекомендаций учебной или справочной литературы;
- 2) сама компоновка поперечного сечения с установлением предварительных размеров (для составных балок – высота и толщина стенки, ширина и толщина полков) и определение геометрических характеристик скомпонованного сечения;
- 3) проверка поперечного сечения по принятым размерам и проверка их геометрических характеристик.

Затем выполняют анализ настолько, насколько эффективно принятое сечение. Для получения оптимального сечения таких попыток может быть достаточно много.

Основным этапом, по мнению Ю. В. Соболева (2, с. 115) является первый. От него зависит эффективность принятого решения и трудоёмкость расчёта. По мнению Ю. В. Соболева, предварительный расчёт должен позволять производить компоновку сечения за один раз и обеспечивать все нормативные требования. Как указывает автор, такой предварительный расчёт, предъявляемый к габаритам сечения, может быть выполнен при двух условиях: 1) габариты могут быть заданы или приняты из конструктивных соображений; 2) габариты должны быть определены из критериев оптимальности.

При первом условии расчёт выполняется в обычном порядке, когда размеры поперечного сечения предварительно определяют по имеющимся рекомендациям, исходя из ориентировочных зависимостей расчетных параметров. Так, для сечения составной балки такими зависимостями будут: расчетный изгибающий момент M , расчетное сопротивление стали изгибу R_y , расчетный пролет балки, нормируемая величина прогиба балки и др.

При втором условии, используя прямой метод подбора сечения, предложенный Ю. В. Соболевым (2, с. 115), уже на первом этапе наиболее просто можно получить оптимальное решение.

Второй этап подбора обычно выполняется с целью увязки расчетных параметров составного сечения с действующими размерами сечений, приведёнными в сортаменте и в соответствии их конструктивным требованиям. Этот этап является вспомогательным, не определяет размеры поперечного сечения, а лишь их уточняет с учетом требований ГОСТ и конструктивных требований.

Третий этап – это проверки скомпонованного сечения с учетом требований норм. При необходимости вносятся незначительные уточнения параметров и характеристик сечения, не вызывающих необходимость перерасчёта.

Итак, предварительный расчёт должен позволять производить за один раз компоновку сечения при обеспечении всех нормативных требований. Такой расчет был предложен Ю. В. Соболевым (2, с. 115) и назван прямым методом подбора сечений. Этот метод позволяет наиболее просто получить оптимальное решение, под которым понимают достижение минимума массы или стоимости конструкции. На основе этого метода для изгибаемых элементов (составных балок) нами была выведена формула, позволяющая определять максимально возможное эффективное значение расчётного сопротивления материала балки изгибу R_y , для балок из двух сталей (бистальных балок) полученное значение R_y рекомендуется применять для поясов (3, с. 8). Эта формула может быть записана в следующем виде:

$$R_y = m^{1.75} \sqrt{7.75E[\bar{\lambda}_w k \cdot Q_{max} \cdot (E)^{0.5}]^{0.5} / [n_o \cdot l \cdot c_1 \cdot \gamma_c \cdot (\gamma_c)^{0.5}]},$$

где m – коэффициент, равный 1,143; E – модуль упругости для стали, $\kappa\text{H}/\text{cm}^2$; $k = 1,2$ при расчёте по упругой стадии работы материала в опорном сечении балки; Q_{max} – поперечная сила на опоре, κH ; n_o – величина, обратная предельному относительному прогибу; l – расчётный пролёт балки, cm ; $c_1 = c_x$ – коэффициент, учитывающий увеличение несущей способности балок при развитии пластических деформаций, принимается по (4, с. 139); γ_c – коэффициент условий работы, принимается по (4, с. 5); $\bar{\lambda}_w$ – условная гибкость стенки балки.

Условную гибкость стенки балки $\bar{\lambda}_w$ можно принимать в зависимости от заданных условий. Если по заданию строительная высота перекрытия h_{st} не ограничена то, как показывают расчёты, условную гибкость стенки $\bar{\lambda}_w$ следует принимать от 5 до 5,5. В этом случае не потребуется в дальнейшем подкреплять стенку балки продольным ребром для обеспечения её местной устойчивости. При этом наиболее эффективной будет балка, запроектированная из стали, принятой с расчётным сопротивлением R_y , найденным по предлагаемой формуле, и с упругим состоянием работы материала в сечении. При ограниченной строительной высоте перекрытия h_{st} условную гибкость следует принимать меньше четырех. В таких балках можно получить экономический эффект от учёта пластических деформаций, который при условной гибкости стенки балки $\bar{\lambda}_w$ меньше трёх может быть равен 5–10 %, а при условной гибкости $\bar{\lambda}_w < 2,2$ может достигать 15 % (2, с. 122).

Необходимо отметить, что полученное по формуле расчётное сопротивление R_y следует считать максимальным по значению при выборе стали для балок. Поэтому при выборе стали по полученному значению R_y следует принять ближайшую сталь с меньшим или равным по значению расчётным сопротивлением стали изгибу R_y . Если у разрешенных к применению по ГОСТ 27772 сталей минимальное значение R_y намного отличается от значения, полученного по формуле, то это говорит о том, что выполненная до расчёта компоновка конструкций не эффективна, и ее желательно пересмотреть (если это возможно). При невозможности пересмотра принятого решения экономический эффект применения такой стали снижается.

Таким образом, предложенная нами формула по определению расчётного сопротивления стали изгибу R_y позволяет выбрать за один прием оптимальную сталь (по ГОСТ 27772), оценить эффективность выполненной компоновки конструкции, получить наибольший экономический эффект.

Литература

1. Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учебн. заведений / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатъева и др.; под ред. Ю. И. Кудишина. 10-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 688 с.
2. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции») / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 148 с.
3. Гаврилова А. И. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Металлические конструкции, включая сварку» для студентов специальности 290300 – Промышленное и гражданское строительство. Ч. 2. Ставрополь: Издательство СевКавГТУ, 2004. 50 с.
4. Свод правил СП 16.13330.2011. Стальные конструкции Актуализированная редакция СНиП II-23-81* / Министерство регионального развития Российской Федерации. 2011. 176 с.