

сәйкес келеді. Сондықтан қыздырылған су коррозияға қауіп төндірмейді белсенділік. Контактілі газ экономайзерінде қыздырылған судың коррозиялық белсенділігі қазандықтарда қыздырылған Судан артық емес деп болжауға болады.

Байланыс экономайзерлерінде қыздырылған ыстық су химиялық қасиеттері бойынша өнеркәсіптік зауыттарда қойылатын талаптарға сәйкес келеді және оны өнеркәсіптік ыстық су жүйелері үшін, сондай-ақ жылу желілері үшін қоректендіру суы және қазандықтар үшін қоректендіру суы ретінде пайдалануға болады.

1. GM-50–14/250 қазандығына қосымша контактілі экономайзерді орнату 50 т/сағ жүктеме кезінде табиғи газды тұтынуды шамамен 3% - ға төмендетуге мүмкіндік берді.

2. Жану өнімдерін азот оксидтерінен тазарту үшін контактілі экономайзерді қолдануға болады.

3. Контактілі экономайзерде қыздырылған судың физика-химиялық қасиеттері іс жүзінде өзгермейді.

4. Контактілі экономайзерде қыздырылған судың коррозиялық белсенділігі қазандықтарда қыздырылған Судан жоғары емес.

5. Байланыс экономайзерінде қыздырылған ыстық су санитарлық-химиялық қасиеттері бойынша өнеркәсіптік кәсіпорындардағы суға қойылатын талаптарға сәйкес келеді.

6. Шетелдік тәжірибе көрсеткендей, пайдаланылған газдарды терең салқындату мүмкін және тіпті қатты отынмен жұмыс істейтін қазандықтарда да жоғары тиімді.

### **Қолданылған әдебиетер тізімі**

1. Липец, А. У. Об использовании скрытой теплоты парообразования водяных паров уходящих газов в мощных энергетических котлах / А. У. Липец, Л. В. Дирина, И. И. Надыров // Энергетик. – 2002. – № 2. – С. 19–20.

2. Аронов, И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа /И. З. Аронов. – Л.: Недра, 1990. – 280 с.

3. Вихрев, Ю. В. Опыт сжигания биомассы в кипящем слое при комбинированном производстве энергии / Ю. В. Вихрев // Энергетика за рубежом. – 2010. – Вып. 1. – С. 32–36.

4. Adamczyk, F. Integration of a Powerise Flue Gas Heat Recovery System in the Worldwide Largest Fluidized Bed Boiler Lagisza 460 MW Efficiency Increase and CO<sub>2</sub> Reduction / F. Adamczyk // VGB Power Tech. – 2008. – № 12.

УДК 69.04

## **МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ**

**Амиров Рустем Бауржанович**

[russtem\\_2001@mail.ru](mailto:russtem_2001@mail.ru)

Магистрант специальности «Строительство»

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель - А.А. Джумабаев

В строительстве использование стальных конструкций в промышленных зданиях является распространенным явлением за счет ряда достоинств. Промышленное здание из стальных конструкций – это эффективный и экономичный способ возведения зданий различного промышленного назначения. В качестве основного несущего элемента используется стальная конструкция, которая отличается малым весом, высокой прочностью,

низкой стоимостью и высокой степенью использования. Стальная конструкция также позволяет создавать большие пролеты для промышленных зданий. В этой статье будет кратко рассмотрены основные методы проектирования конструкций промышленных зданий [1].

Типовое проектирование промышленного здания с металлокаркасом имеет свой алгоритм с прописанными шагами. Для начала нужно сделать компоновку поперечной рамы промышленного здания. Сюда входит назначение горизонтальных и вертикальных размеров поперечной рамы, основных габаритов элементов конструкций в плоскости рамы, решение узловых сопряжений ригеля с колонной и колонны с фундаментом. Вертикальные размеры рамы зависят от технологии производства, отметок головки подкранового рельса и отметки низа фермы. После компоновки необходимо установить расчетную схему рамы на основании конструктивной схемы поперечной рамы. В расчетной схеме рамы оси колонн по центру тяжести, заделка стоек принимается на уровне базы, а ось ригеля совмещается с уровнем нижнего пояса стропильной фермы. Сопряжение ригеля с колоннами принимается жестким или шарнирным. Также необходимо рассчитать эксцентриситет осей центров тяжести верхней части колонны по отношению к нижней части и рассчитать соотношения моментов инерции элементов рамы [2]. Следующим этапом является определение нагрузок на поперечную раму. К постоянным нагрузкам относятся собственный вес кровли, ферм, колонн, стенового ограждения и связей, а к временным нагрузкам относятся нагрузка от снега, ветра и мостовых кранов [3].

После этого производится расчет поперечной рамы. На основе статического расчета составляются основные расчетные сочетания нагрузок и усилий по характерным сечениям колонны. Усилия вычисляются известными методами строительной механики (методом перемещений, методом сил или МКЭ). По результатам расчета определяют значения силовых факторов ( $M$ ,  $Q$ ,  $N$ ) в характерных сечениях колонн, в соответствии с принятой нумерацией сечений (рис. 1) и комбинацией нагрузок (реально возможных), которые создают наиболее неблагоприятные условия работы этого сечения [2].

Затем следует этап подбора и проверки основных несущих элементов рамы, а точнее колонны, фермы и подкрановой балки. [4] Подбор сечений колонны проводится в несколько этапов. Отдельно подбираются сечение для верхней части колонны в виде прокатного, сечение нижней части колонны. Если высота нижней части колонны  $h_n < 1$  м, то нижняя часть является сплошной, а если  $h_n \geq 1$  м, то нижняя часть колонны сквозная. В основном для сечения колонн используется двутавр, квадратная труба, круглая труба, а также составные сечения. Следующим шагом является конструирование и расчет узлов колонны. Это включает в себя сопряжение верхней и нижней части колонны, расчет базы колонны [5].

Расчет фермы также производится в несколько этапов. Первый это определение усилий в стержнях фермы. Статический расчет фермы с учетом допустимых упрощений. По его результатам составляются сочетания нагрузок и определяются расчетные усилия в элементах фермы. Так как ферма является балочной конструкцией, в целом работающей на изгиб, то ее работа аналогична работе сплошной балки: пояса фермы воспринимают изгибающие моменты (аналогично поясам сплошных балок), а решетка — поперечную силу, выполняя функцию стенки сплошной балки. Статический расчет фермы может производиться методом сечений и методом вырезания узлов. Основными нагрузками, которые воспринимает стропильная ферма рассматриваемого промышленного здания, являются постоянная нагрузка от веса кровли и несущих конструкций покрытия и снеговая нагрузка. Все эти нагрузки прикладываются к узлам фермы через опирающиеся на них прогоны.

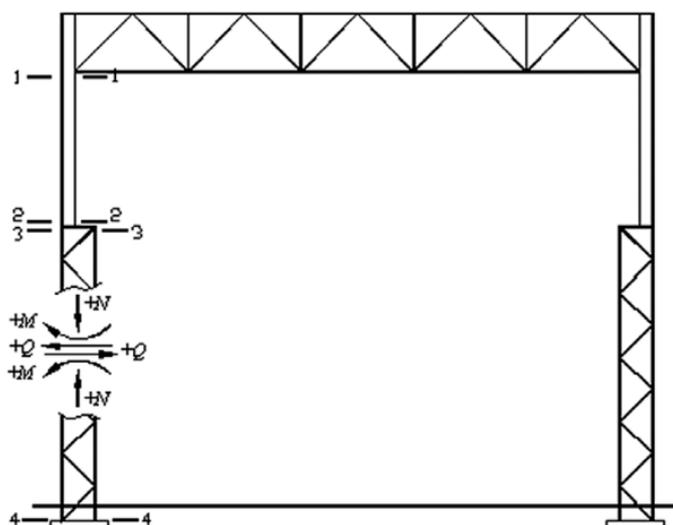


Рис. 1. Нумерация сечений стойки поперечной рамы

После статического расчета нужно подобрать сечения для стержней фермы. При этом в целях унификации необходимо стремиться к минимальному количеству типов сечений, но не сильно увеличивая массу. При подборе нужно помнить, что верхний пояс фермы работает на центральное сжатие, элементы нижнего пояса фермы при узловой нагрузке работает на центральное растяжение, а раскосы фермы то сжимаются, то растягиваются [6].

После подбора сечений нужно рассчитать и сконструировать опорные и промежуточные узлы фермы. Также требуется произвести расчет размеров сварного шва. По рекомендациям [7] следует выполнять расчет сварных угловых соединений по двум опасным сечениям: по металлу шва и по металлу границы сплавления или зоне сплавления.

Расчет подкрановой балки начинается с определения нагрузок. Нагрузки от крана передаются на подкрановую конструкцию через колеса (катки) крана. Подкрановые конструкции рассчитывают на нагрузки от двух сближенных кранов наибольшей грузоподъемности с тележками, приближенными к одному из рядов колонн. Расчет подкрановых балок во многом аналогичен расчету обычных балок. Однако он имеет особенности, обусловленные подвижной нагрузкой, вызывающей большие местные напряжения под катками крана, воздействием не только вертикальных, но и горизонтальных сил, динамичностью нагрузки и многократностью ее приложения [8].

После этого определяют расчетные вертикальные и горизонтальные нагрузки на колесо крана, затем — расчетные усилия  $M$  и  $Q$  в подкрановой балке. Так как нагрузка подвижная, то сначала нужно найти такое ее положение, при котором расчетные усилия в балке будут наибольшими.

Подкрановая конструкция состоит из подкрановой балки симметричного сечения и тормозной конструкции в виде листа из рифленой стали и швеллера. Принимают швеллер 30–36 при пролете балок 12 м и 22–24 — при пролете 6 м. Также принимают во внимание грузоподъемность крана.

В конце расчета подкрановых балок производится проверка прочности и жесткости подкрановой конструкции. В расчетах подкрановых балок используется приближенный подход. Условно принимают, что вертикальная нагрузка воспринимается только сечением подкрановой балки без учета тормозной конструкции, а горизонтальная — только тормозной балкой, в состав которой входят верхний пояс подкрановой балки, тормозной лист и окаймляющий его элемент [9].

В заключении, в этой статье были рассмотрены основные методы расчета и проектирования стальных конструкций промышленных зданий, а именно компоновка рамы, расчет колонны и фермы. Хорошие эксплуатационные качества стальных конструкций еще в

20 веке принесли им популярность. Именно на этот период приходится массовое строительство и введение в эксплуатацию огромного числа промышленных зданий. Это прорыв, но нужно отметить, что такой массовый характер строительства стал причиной многочисленных ошибок в проектировании, нарушений техпроцесса при монтаже. Уже после возведения построек было выявлено огромное множество дефектов, которые приходилось незамедлительно исправлять, а это трата финансов и времени [10]. Во избежание ошибок при проектировании необходимо производить расчет и конструировать проекты зданий в соответствии с нормами и алгоритмом расчета, описанным в этой статье. Подробный порядок расчетов с формулами можно найти в методических указаниях [2].

#### **Список использованных источников**

1. Проектирование металлических конструкций. Часть 1: «Металлические конструкции. Материалы и основы проектирования». Учебник для ВУЗов/С. М. Тихонов, В. Н. Алехин, З. В. Беляева и др.; под общей ред. А. Р. Туснина — М.: Издательство «Перо», 2020 — 468 с., ил.
2. Методы проектирования металлических и деревянных конструкций [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Н.Г. Серёгин, А.А. Бунов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра архитектурно-строительного проектирования. — Электрон. дан. и прогр. (3,9 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru>. — Загл. с титул. экрана
3. Металлические конструкции : учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по направлению «Строительство» / [Ю.И. Кудишин и др.] ; под ред. Ю.И. Кудишина. — 13-е изд., испр. — Москва : Академия, 2011. — 680 с. — ISBN 978-5-7695-8483-1.
4. Расчет и проектирование элементов металлических конструкций : учебно-методическое пособие / З. В. Беляева, С. В. Кудрявцев ; Мин-во науки и высшего образования РФ ; Урал. федерал. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 136 с.
5. Design of semi-rigid connections of a foundation base with a metal column
6. Инженерлік механика: Жоғары кәсіптік «Сәулет» және «Құрылыс» саласындағы мамандар дайындайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық/С.Т. Дүзелбаев – Алматы: 2013. – 500 б.
7. СНиП РК 5.04-23-2002 СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ. Нормы проектирования
8. Чепурной И.Н. Проектирование стального каркаса одноэтажного промышленного здания: Учебно-методическое пособие. Ч. II. - Гомель: БелИИЖТ, 1983. - 40 с.
9. Подбор сечения стальной подкрановой балки : методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Строительные конструкции» для студентов специальности 270205.65 «Автомобильные дороги и аэродромы» всех форм обучения / сост. С. Н. Томилов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2010 – 19 с.
10. Жуков, А. Н. Проблемы и перспективы развития металлических конструкций в промышленных зданиях / А. Н. Жуков, В. О. Булавенко, Д. Х. Саидов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2011. — № 3 (26). — Т. 1. — С. 44-47.