

УДК 69.07

*д.т.н., проф. Р. А. Тимченко, к.т.н. Д. А. Кришко,
С. О. Мацишин, К. В. Пеклун, А. В. Богатинский
Криворожский национальный университет*

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ

Аннотация: рассматриваются факторы, влияющие на конструктивные решения каркасов производственного здания, и основные требования, предъявляемые к конструкциям.

Ключевые слова: каркас, факторы, конструктивные решения.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Проблема выбора варианта конструктивного решения является важнейшей при проектировании любого здания, сооружения. Огромное количество факторов и параметров, оказывающих влияние на конструктивное решение каркаса здания, не позволяет быстро и однозначно выбрать надежный и эффективный вариант. Проблема выбора варианта – задача, в основном, технического характера. Известно, что решению технических проблем способствует системный анализ, который подготавливает и обосновывает решение проблемы [1].

Цель исследований. Улучшение конструктивных решений каркасов производственных зданий для различных условий эксплуатации с получением экономического эффекта при полном удовлетворении технологических требований и обеспечении достаточной надежности – одно из важнейших направлений в проектировании. Критерии оптимальности разнообразны. Наиболее эффективный путь оптимизации – это выбор рациональной конструктивной схемы, возможной для проектируемого объекта.

Основная часть. Системный анализ – совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решения по сложным проблемам технического характера. Анализ необходим в связи с наличием в технических проблемах многочисленных взаимосвязанных элементов, показатели которых во многих случаях имеют вероятностный характер. Представленный вариант [2] анализа системы надежности и эффективности металлических каркасов зданий (рис. 1) не следует считать полностью исчерпывающим, он служит основой для дальнейшего совершенствования. В нем отражены: система эксплуатационной надёжности и эффективности каркасов зданий с их критериями, подсистемы, элементы подсистем,

возможные варианты решений элементов подсистем; выявлены факторы, влияющие на выбор вариантов решений и определяющие, в конечном итоге, надежность и эффективность металлических строительных конструкций и каркасов зданий в целом, их количество, а также связи элементов схемы друг с другом.

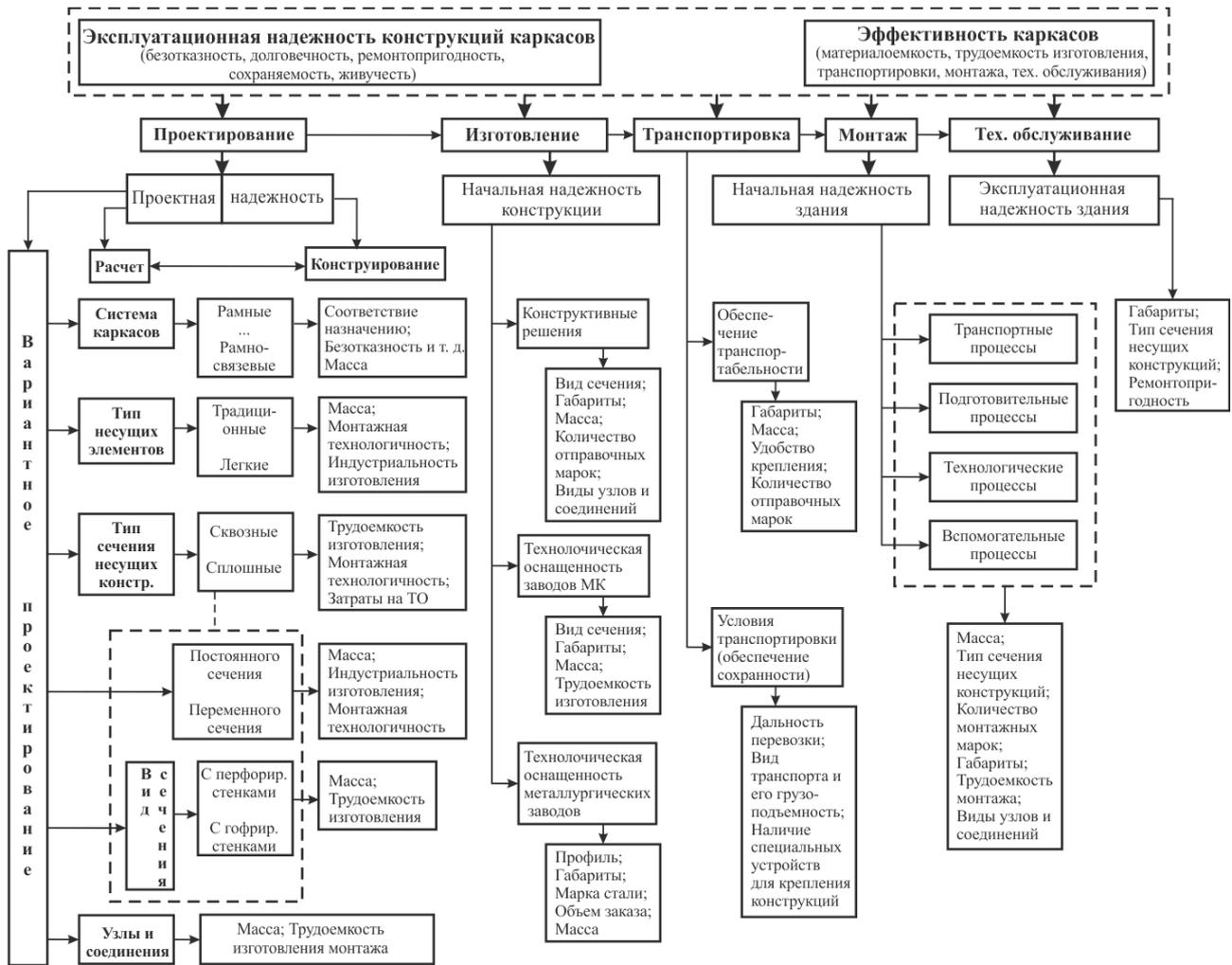


Рис. 1. Схема системного анализа надёжности и эффективности металлических каркасов зданий

В промышленных зданиях по сравнению с другими наиболее существенно влияние технологии производства на конструктивную схему каркаса, и поэтому часто его решение определяется габаритами и расположением оборудования, внутрицеховым транспортом, путями перемещения деталей и готовой продукции. Технологии производства различной продукции весьма разнообразны, а эксплуатационные требования почти всегда конкретны, специфичны именно для данного производства. Однако некоторые требования являются общими для всех производств [3]:

– удобство обслуговування и ремонта производственного оборудования, что требует соответствующего расположения колонн, подкрановых путей, связей и других элементов каркаса;

– нормальная эксплуатация кранового оборудования и других подъемных механизмов, включая доступность его осмотра и ремонта;

– необходимые условия аэрации и освещения зданий;

– долговечность конструкций, которая зависит в основном от степени агрессивности внутрицеховой среды;

– относительная безопасность при пожарах и взрывах.

Чрезвычайно большое влияние на работу каркаса здания оказывают краны.

Режим работы кранов и тип подвеса груза учитываются при проектировании каркасов. Например, при кранах весьма тяжелого режима работы должны быть обеспечены большая продольная и поперечная жесткость каркаса, большая надежность и выносливость подкрановых балок [4].

При проектировании зданий с сильной степенью агрессивности среды особое внимание обращается на выбор марки стали, достаточно стойкой против коррозии при определенном составе агрессивной среды, конструктивную форму элементов каркаса, эффективные защитные покрытия.

В некоторых зданиях металлические конструкции подвергаются высоким тепловым воздействиям (нагрев до температуры 150 °С и выше), случайным воздействиям расплавленного металла или огня. При нагреве металлических конструкций до температуры свыше 100-150 °С разрушается их защитное лакокрасочное покрытие, при нагреве свыше 200-300 °С происходят искривление и коробление элементов (особенно при неравномерном нагреве), а при нагреве свыше 400-500 °С происходит падение прочностных свойств стали. При проектировании металлических конструкций таких зданий нужно предусматривать специальную защиту конструкций от чрезмерного нагрева. При длительном воздействии лучистой или конвекционной теплоты или при кратковременном непосредственном, воздействии огня применяют подвесные металлические экраны, футеровки из кирпича или жаропрочного бетона; от брызг расплавленного металла и при опасности его прорыва конструкции защищают облицовками из огнеупорного кирпича или жароупорного бетона [5].

При проектировании каркасов зданий со взрывоопасным производством предусматривается возможность «сбрасывания» части конструкций при взрыве без полного разрушения каркаса.

В пожароопасных помещениях при проектировании каркаса учитывается, что сталь при пожаре почти полностью теряет прочность. В таких зданиях

несущие конструкции отодвигаются от возможных очагов пожара и защищаются от воздействия огня.

Конструктивные схемы каркасов различаются видом сопряжений (жесткое, шарнирное, смешанное) ригеля с колонной. При жестком сопряжении конструкция узла крепления фермы к колонне (рис. 2, а) обеспечивает передачу моментов и в расчетной схеме принимается жесткий узел. При жестком сопряжении горизонтальные перемещения рам меньше, чем при таких же воздействиях на раму с шарнирным сопряжением. Большая жесткость необходима в цехах с мостовыми кранами, работающими весьма интенсивно. В этих цехах горизонтальные перемещения колонн могут препятствовать нормальной эксплуатации мостовых кранов. Однако жесткое сопряжение препятствует типизации ферм, на которые в этом случае передаются значительные опорные моменты, разные для рам с разными параметрами. Поэтому жесткое сопряжение можно рекомендовать главным образом для однопролетных каркасов большой высоты при кранах весьма тяжелого и тяжелого режимов работы. В остальных однопролетных каркасах более целесообразно шарнирное сопряжение (рис. 2, б).

В многопролетных цехах горизонтальные нагрузки на одну раму воспринимаются несколькими (а не двумя, как в однопролетных) колоннами, и поэтому даже в цехах большой высоты часто оказывается возможным использовать шарнирное сопряжение.

В многопролетных цехах с пролетами разной высоты возможны решения, при которых часть узлов проектируется жесткими, а часть – шарнирными (рис. 2, в).

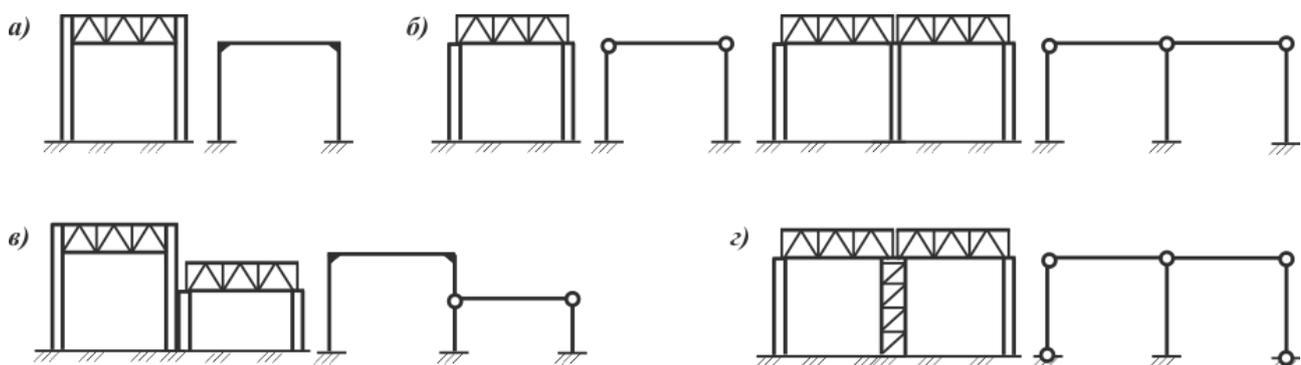


Рис. 2. Виды сопряжений конструктивных схем каркасов:
а – жесткое; б – шарнирное; в, г – смешанное.

Опираание колонн на фундаменты в плоскости рам обычно конструируется жесткими (см. рис. 2, а-в), но возможно решение, при котором только часть колонн сопрягается с фундаментом жестко, а часть – шарнирно (рис. 2, г).

Такое решение часто оказывается экономически выгодным при больших тепловыделениях во время эксплуатации здания

Конструктивная схема каркаса выбирается на основе сравнения вариантов на стадии технико-экономического обоснования. Рекомендуется применять шарнирные конструктивные схемы, а также конструктивные схемы с ядрами жесткости; для однопролетных зданий высотой выше 30 м и небольшой протяженности (до 100 м) эффективным может оказаться применение пространственных схем.

Применение жестких конструктивных схем может быть рекомендовано при одно-, двухпролетных зданиях, оборудованных кранам значительной грузоподъемности (свыше 100 т), устанавливаемыми на высоте свыше 20 м в тех случаях, когда обеспечение поперечной жесткости при шарнирной схеме вызывает значительный перерасход материала.

При проектировании стальных каркасов на слабых и просадочных грунтах, и подрабатываемых территориях предъявляется очень важный критерий – обеспечение надежности работы конструкций на возможные перегрузки во время неравномерных оседаний. Наиболее простым и эффективным путем решения этой задачи является использование пластических резервов работы стали. Допуская упругопластическую работу элементов каркаса, мы создаем благоприятные условия для поглощения энергии внешних деформационных воздействий от оснований, благодаря чему повышается стойкость здания и одновременно увеличивается предельная несущая способность этих элементов, что обеспечивает снижение расхода стали [6].

Эффективность пути повышения сейсмостойкости зависит от того, насколько удачно выбраны конструктивные формы элементов стальных каркасов, которые должны безотказно работать в упругопластической стадии на знакопеременные циклические нагрузки при землетрясениях. На основании критерия пластичности были определены основные положения конструирования таких каркасов:

- развитие пластических деформаций допускается в элементах, работающих на изгиб и сдвиг, и, как правило, не разрешается в сжатых элементах каркаса;

- элементы, несущая способность которых определяется устойчивостью, должны быть защищены от возможных перегрузок при землетрясениях;

- зоны развития пластических деформаций в элементах каркаса выносятся за пределы сварных или болтовых соединений;

- области упругопластической работы металла в элементах каркаса должны иметь плавные конструктивные формы, исключая значительную концентрацию деформаций;

– связевые каркасы оснащаются специальными элементами, надежно работающими в пластической стадии на знакопеременные циклические нагрузки, так называемыми энергопоглотителями;

– каркасы, работающие на знакопеременные нагрузки, должны иметь упругие ядра, которые способствуют возвращению зданий к первоначальному положению при колебаниях.

Из большого многообразия энергопоглощающих устройств, предложенных для сейсмических и условий неравномерных деформаций оснований, наиболее реально использовать упругопластические, в которых поглощение энергии колебаний каркаса происходит за счет пластического деформирования стали. Такие энергопоглотители отличаются простотой конструктивных решений, надежностью работы и высокой энергопоглощающей способностью.

Конструктивные решения многообразны, но можно выделить основные принципы проектирования экономичных каркасов:

– *концентрация материала*. В большинстве случаев выгодно сосредоточить массу в некоторых несущих элементах. При этом часть элементов получается достаточно тяжелой, но количество их сокращается. Например, при больших нагрузках и высотах колонн шаг колонн 12 м оказывается выгоднее, чем 6 м (число колонн и ферм сокращается почти в два раза);

– *наиболее полное использование прочности всего объема материала в конструкциях*. Этот принцип реализуется выбором конструктивной схемы, использованием растянутых поверхностей, равнонапряженных по всей площади, регулированием усилий в плоских и пространственных конструкциях (в том числе и с помощью предварительного напряжения). Например, в неразрезных подкрановых балках прочностные свойства по длине используются лучше, чем в разрезных. Пролетные моменты в первых меньше, чем в разрезных. Численным показателем реализации этого принципа в конструкциях может служить так называемая «нагруженность», т.е. показатель, в котором учитываются уровень напряжений в конструкциях и объем их материала;

– *совмещение функций элементов*. Например, включение конструкций фонаря в работу ригеля рамы приводит к сокращению массы ригеля; при больших шагах колонн подкраново-подстропильная ферма экономичнее отдельно запроектированных подкрановой балки и подстропильной фермы;

– *наименьший путь передачи нагрузок на фундамент*. Например, рамные системы всегда более металлоемки, чем арочные при одном и том же пролете. При этом нужно учитывать, что для обеспечения равноценных производственных площадей пролет арочной системы должен быть больше.

– использование пластических свойств стали для восприятия неравномерных деформаций основания и сейсмических воздействий. Это позволяет без больших дополнительных затрат надежно защитить несущие конструкции зданий от разрушения. Вышедшие из строя энергопоглотители легко заменяются после воздействий новыми, что позволяет полностью восстановить первоначальную устойчивость каркаса.

Выводы и направление дальнейших исследований. Следуя основным принципам проектирования, выделенных на основании анализа значимых факторов, влияющих на прочность и устойчивость производственных зданий, можно улучшить качество проектирования с повышением надежности конструкций.

Список литературы:

1. Проектирование металлических конструкций: Спец. курс. Учеб. пособие для вузов/ Бирюлев В.В., Кошин И.И., Крылов И.И., Сильвестров А.В. – Л.: Стройиздат, 1990 – 432 с.
2. Коваленко Н.В. Инновационные конструкции стальных каркасов одноэтажных зданий. // Н.В. Коваленко, В.И. Стрельцов / Материалы XI Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – 2009. – ч. 2. – С. 172-180.
3. Горев В.В. Металлические конструкции. Том.1. Элементы конструкций: / В. В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов // Учеб. для строит. вузов – М.: Высш. шк., 2004. – Т.1. – 551 с.
4. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы – М.: ЦНИИ Проектстальконструкция им. Мельникова, 1989 – 49 с.
5. ДБН В.2.6-163 Конструкції будинків і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 132 с.
6. Остриков Г.М. Стальные сейсмокаркасы многоэтажных зданий. // Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов/ – Алма-Ата: Казахстан, 1985. – 120 с.

Анотація

У статті розглядаються чинники, що впливають на конструктивні рішення каркасів промислової будівлі, і основні вимоги, що пред'являються до конструкцій.

Ключові слова: каркас, чинники, конструктивні рішення.

Annotation

Factors, influencing on the structural decisions of frameworks of production building, and the basic requirements, produced to the constructions, are examined in the article. Keywords: framework, factors, structural decisions.