

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Сергей Александрович Матвеевский

*Директор управления промышленной безопасности ООО «ВЕЛД»,
г.Магнитогорск, Челябинская область,*

докторант кафедры «Испытание сооружений» МГСУ, кандидат технических наук

Наиболее широкое применение и развитие в России металлоконструкции получили в середине прошлого века. Развитие металлостроительства сопровождалось совершенствованием методов расчета конструкций, основы которых заложены почетным академиком В.Г. Шуховым (XIX в.), с последующим развитием на базе коллективов ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова, МИСИ-МГСУ, ЦНИИСК им. А.В. Кучеренко и др. (XX в.). Металлические конструкции широко применяются в промышленном строительстве, так в работе [1] отмечено, что к 80-м годам прошлого века стальные конструкции каркасов зданий составляли более половины всей массы стальных конструкций, возводимых в СССР, к настоящему времени эти здания эксплуатируются уже более 30 лет.

Конструктивные и объемно-планировочные решения каркасов зависят в первую очередь от специфики размещаемых в зданиях производств, ниже рассмотрены примеры компоновки каркасов некоторых зданий.

Здание кислородно-конверторного цеха (рис. 1, 2) ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (АОА «ММК») относится к сложным промышленным зданиям. Как правило, каркас состоит из одноэтажных заливочного и разливочного пролетов, в которых работают тяжелые краны (грузоподъемность 125 и 450 т), и из многоэтажной этажерки (конвертерное отделение). Масса стальных конструкций каркаса превышает 30 тыс. т, при этом до половины всей массы стали приходится на долю сталей повышенной и высокой прочности. Конструктивной особенностью таких каркасов является наличие подкраново-подстропильных ферм.



Рис. 1. Здание кислородно-конверторного цеха ОАО «ММК»

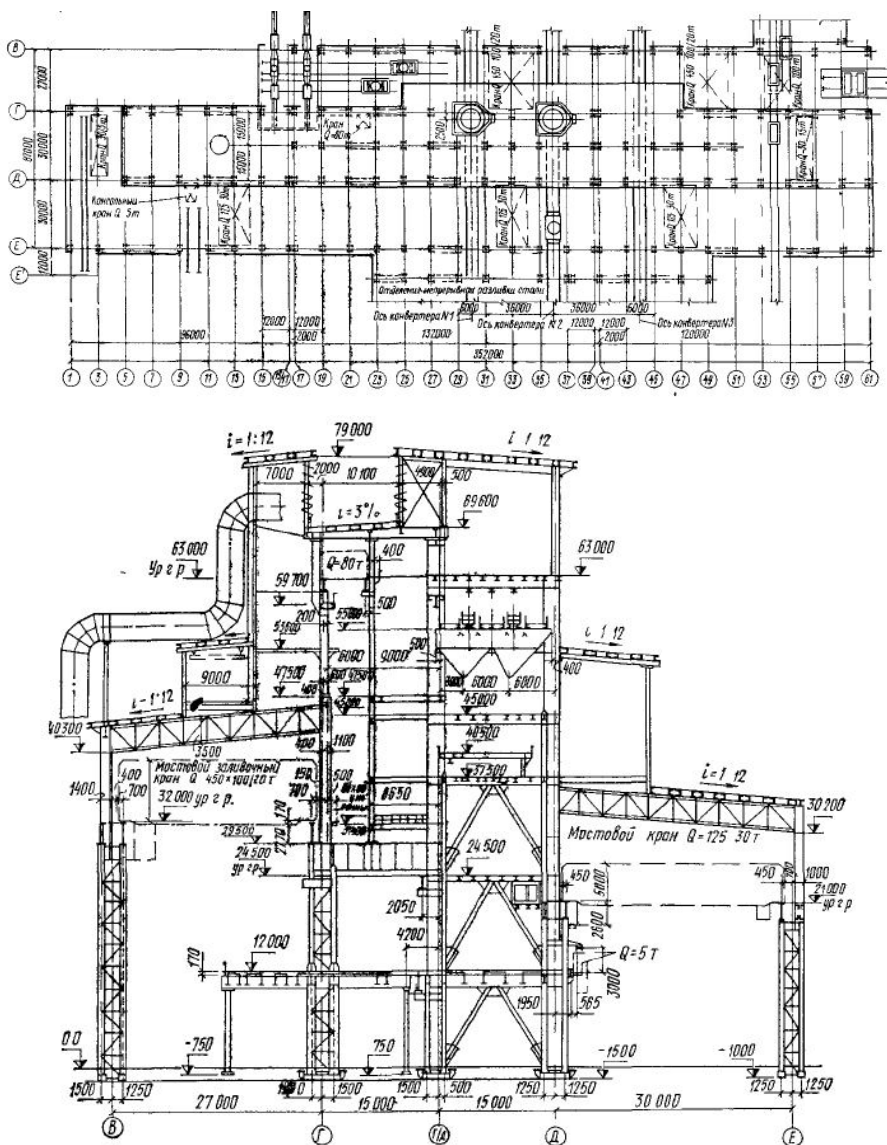


Рис. 2. План и поперечный разрез здания кислородно-конверторного цеха ОАО «ММК»

На рис. 3-6 представлены некоторые конструктивные решения металлических каркасов зданий различного промышленного назначения [1].

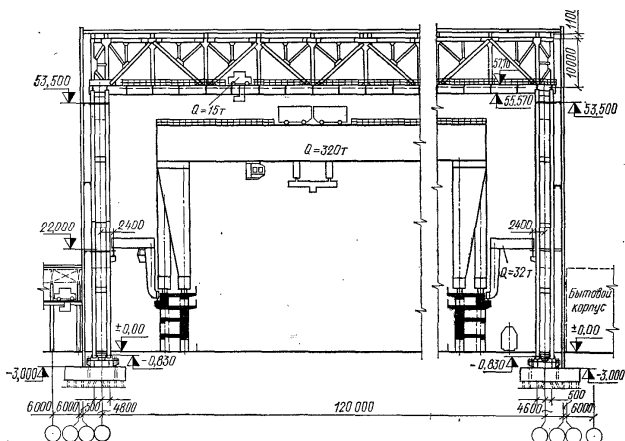


Рис. 3. Поперечный разрез сборочного цеха пролетом 120 м

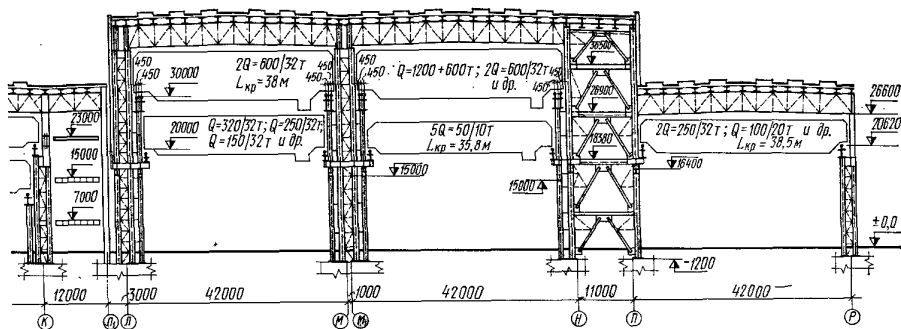


Рис. 4. Поперечный разрез части каркаса здания Атоммаша со сверхмощными мостовыми кранами

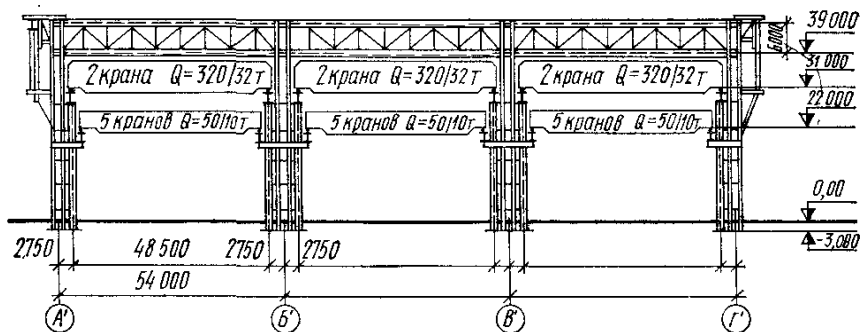


Рис. 5. Поперечный разрез сборочно-сварочного цеха с двухъярусным расположением кранов

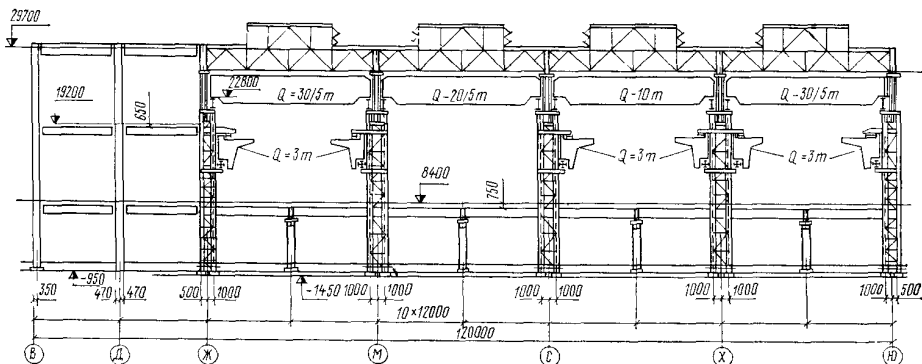


Рис. 6. Поперечный разрез каркаса ремонтно-литейного цеха

- По металлоемкости каркасов можно выделить следующие группы [2]:
- сооружения тяжелого типа с расходом стали 400-450 кг/м² площади здания, к которым относятся предприятия черной металлургии, такие здания оборудованы тяжелыми мостовыми кранами (200 т и более);
 - сооружения средней мощности с расходом стали 130-170 кг/м² площади здания, к которым относятся предприятия тяжелого и среднего машиностроения, такие здания оборудованы мостовыми кранами грузоподъемностью от 20 до 200 т;
 - здания легкого типа с расходом стали до 70 кг/м², к которым можно отнести здания любого назначения с мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т, с легким подвесным транспортом или бескрановые здания.

По своему относительному весу в общем комплексе элементы распределены следующим образом [2], в %:

- | | |
|--|----------|
| – несущие и связевые элементы покрытия | 60 – 20; |
| – подкрановые конструкции | 10 – 40; |
| – колонны | 15 – 35; |
| – фахверк и связи по колоннам | 15 – 5; |

при этом первые числа относятся к легким, а вторые – к тяжелым цехам.

В работе [3] рассмотрены конструктивные особенности зданий с металлическим каркасом в автомобильной промышленности, цветной и черной металлургии и в тяжелом машиностроении. В табл. 1 представлены некоторые конструктивные особенности таких каркасов.

В целом, каркас здания представляет собой систему несущих и связевых элементов, образующих неизменяемую пространственную систему. В рассматриваемой системе выделяют поперечные и продольные подсистемы. Как правило, основной поперечной подсистемой является поперечная рама каркаса, образованная колоннами и стропильными фермами; продольная подсистема может включать: связевые элементы, подкрановые и подстропильные конструкции.

Таблица 1

Параметры промышленных зданий

Пролет, м	Высота, м	Шаг колонн, м	Грузоподъемность кранов, т
Автомобильная промышленность			
9 - 30	10 – 12 Макс. до 30	4 – 6 (до 50-х годов) 6 - 18	5 - 50
Тяжелое машиностроение			
20 - 30	До 36	-	50 - 150
Цветная металлургия			
6 - 43	15 – 20 Макс. до 30 м	4 - 18	До 75
Черная металлургия			
30 - 42	12 - 40	6 – 12 (крайние ряды) До 48 (средние ряды)	До 800

На примере Магнитогорского металлургического комбината также можно отметить, что с начала строительства, которое начато в 30-е годы прошлого века, и до настоящего времени до 90% промышленных зданий основных производственных цехов возведено и возводится (рис. 7-9) с применением металлических конструкций.



Рис. 7. Площадка строительства здания машины непрерывного литья заготовок ОАО «ММК»



Рис. 8. Площадка строительства ЛПЦ-11 ОАО «ММК»

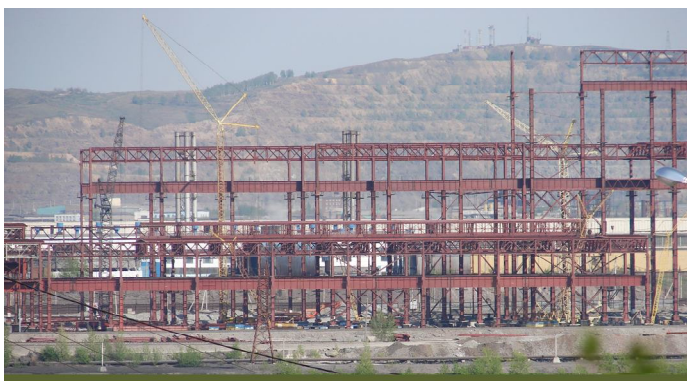


Рис. 9. Площадка строительства здания «Стан 2000» ОАО «ММК»

В тоже время с увеличением числа зданий и сооружений, возведенных с применением металлоконструкций, возникла проблема аварийности данных сооружений. На примере некоторых работ [4-7], которые были опубликованы в разный период времени, видно, что вопросы обеспечения безопасной эксплуатации строительных конструкций, в том числе стальных, были и остаются актуальными по настоящее время.

Необходимо отметить, что расследование причин аварийного разрушения конструкций, как правило, направлено на то, чтобы ответить на вопрос: «Как не допустить аварийное разрушение конструкций?» И это, несомненно, правильная постановка вопроса. Например, уроки, извлеченные из аварий металлоконструкций, выполненных с применением кипящих сталей, привели к тому, что в нормах проектирования появились ограничения на применение данных марок сталей в металлических конструкциях. Автор данной работы считает, что обозначенный выше вопрос

необходимо решать параллельно с другим вопросом: «Как минимизировать негативные последствия, связанные с возможным аварийным разрушением конструкций?»

В связи с этим необходимо отметить, что развитие техносферы, связанное в том числе с ростом застройки гражданского и промышленного назначения, с применением технически сложных решений в строительных объектах, с созданием уникальных объектов и т.п., сопровождается возрастанием убытков в случае возможных катастроф. На рис. 10 представлена схема с данными о материальных потерях от природных катастроф за период с 1950 по 2003 годы, подготовленная страховой компанией Munich Reinsurance Co [8].

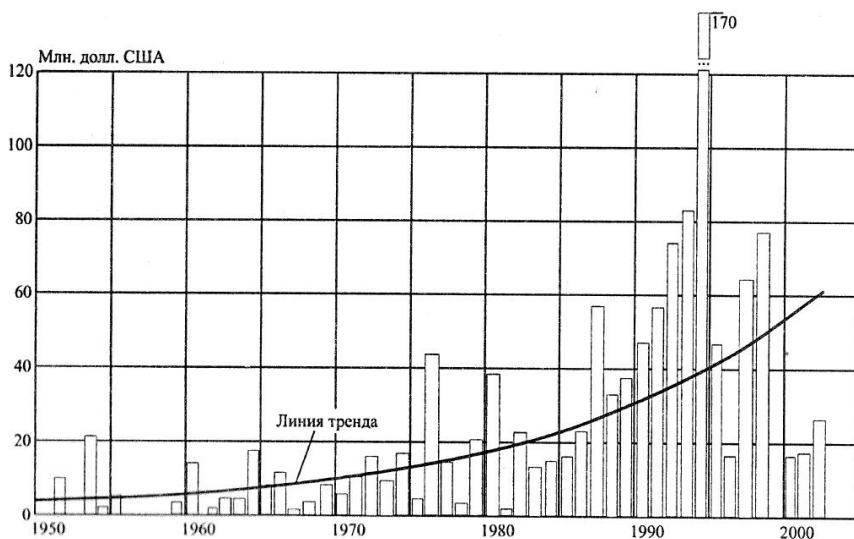


Рис. 10. Возрастание убытков от природных катастроф

Наиболее сложными задачами в части обеспечения безопасной эксплуатации конструкций являются прогнозирование их состояния и определение момента прекращения эксплуатации. При этом аварийное разрушение возможно не зависимо от технического состояния конструкций. Особое воздействие, при котором произошла авария, является редким событием, как и сама авария, и конструкции просто не рассчитаны на данное воздействие. Учитывая вышеизложенное, а также то, что строительные конструкции являются высоконадежными системами, практический интерес может представлять решение вопроса, связанного с минимизацией негативных последствий при возникновении аварийного обрушения конструкций промышленного здания.

Особые воздействия, которые могут возникать в процессе эксплуатации, находят свое отражение в нормах проектирования, например, требования по проектированию конструкций в карстоопасных зонах [9]. Производственные особые воздействия также находят отражения в регламентирующих документах, например, требования по футеровке стальных конструкций металлургических предприятий в зонах возможного попадания расплава металлов [10]. Эти требования направлены на то, чтобы не допустить разрушения несущих конструкций в процессе эксплуатации, но они не отвечают на вопрос, что произойдет, если по какой-либо причине эти мероприятия окажутся неэффективными.

В нормах проектирования конструкций авария отдельных элементов не рассматривается как один из видов особых воздействий. Следует отметить, что в практике проектирования появились требования по оценке прогрессирующего обрушения [11-13], но эти требования относятся к объектам гражданского назначения, содержат вполне конкретные условия, описывающие вид и характер аварийной ситуации. И эти требования неприменимы к объектам промышленного назначения в виде одноэтажных промышленных зданий.

Исходя из определения надежности – «способность сохранять заданные свойства в процессе срока эксплуатации», и безопасности – «состояние защищенности от аварии», можно сформулировать перспективное направление исследований следующим образом: разработка комплекса конструктивных и организационных мероприятий, направленных на повышение надежности и безопасности одноэтажных промышленных зданий с металлическим каркасом.

Актуальность обозначенного направления обусловлена следующими причинами:

- металлоконструкции наиболее широко применяются при строительстве объектов промышленного назначения, в том числе при строительстве технически сложных и уникальных сооружений;
- аварийное разрушение конструкций является неотъемлемой частью эксплуатации зданий и сооружений, не смотря на то, что является редким событием, а строительные конструкции – высоконадежными системами;
- аварийное разрушение конструкций, как правило, не рассматривается как особое воздействие в процессе эксплуатации на сооружение при проектировании;
- при проектировании и эксплуатации конструкций необходимо решать два вопроса: «Как не допустить аварийное разрушение конструкций?» и «Как минимизировать негативные последствия, связанные с возможным аварийным разрушением конструкций?».

В рамках данного направления исследований сформулированы следующие задачи:

- 1) Исследовать закономерности физического износа конструкций каркасов зданий за счет повреждаемости основных элементов.
- 2) Выполнить анализ надежности системы «металлический каркас одноэтажного здания»;
- 3) Провести экспериментально-теоретические исследования процесса разрушения конструкций.
- 4) Разработать методику расчета конструкций здания на особое воздействие, связанное с аварийным разрушением отдельных элементов каркаса.
- 5) Разработать конструктивные мероприятия, направленные на повышение безопасности конструкций каркаса.
- 6) Разработать методику испытаний для оценки и прогнозирования технического состояния металлических конструкций при возведении и в процессе эксплуатации.

Библиографический список

1. Металлические конструкции: Справочник проектировщика / Под ред. Н.П. Мельникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 776 с.
2. Стальные конструкции / Под ред. Н.С. Стрелецкого. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1952 – 852 с.
3. Валь В.Н., Горохов Е.В., Уваров Б.Ю. Усиление стальных каркасов одноэтажных производственных зданий при их реконструкции. – М.: Стройиздат, 1987 – 220 с.
4. Беляев Б.И., Корниенко С.В. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. – М.: Стройиздат, 1968. – 206 с.
5. Лашенко М.Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений. – Ленинград: Стройиздат, 1969 – 183 с.
6. Аугустин Я., Шледзевский Е. Аварии стальных конструкций. – М.: Стройиздат, 1978 – 177 с.
7. Шкинев А.Н. Аварии в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984 – 320 с.
8. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2007. – 256 с.
9. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
10. ПБ 11-493-02. Общие правила безопасности для металлургических и коксохимических предприятий и производств
11. МДС 20-2.2008 Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях.

12. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. – М.: ГУП МНИИТЭП, 2006.
13. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. – М.: МНИИТЭП, НИИЖБ, 2005.