



(24)-0401-1

## К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ СТУПЕНЧАТОЙ СКВОЗНОЙ КОЛОННЫ ПРОМЗДАНИЯ

**В. Н. Васылев<sup>1</sup>, Э. А. Лозинский<sup>2</sup>, О. С. Мишура<sup>3</sup>, В. Ю. Долгачева<sup>4</sup>**

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,  
286128, г. о. Макеевка, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

E-mail: <sup>1</sup> v.n.vasilev@donnasa.ru, <sup>2</sup> e.a.lozinskiy@donnasa.ru, <sup>3</sup> o.s.mishura@donnasa.ru,  
<sup>4</sup> vikidolg@mail.ru

Получена 23 февраля 2024; принята 22 марта 2024.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы совершенствования конструктивной формы несущих колонн промышленных зданий. Колонны занимают первое место по расходу металлопроката в общем объеме конструкций промышленного здания в целом. В настоящее время в типовых сериях стальных ступенчатых колоннах промышленных зданий используется конструктивная форма колонны, сформированная в конце позапрошлого столетия. Конструкция ступенчатой колонны промышленного здания со сквозной подкрановой и сплошной надкрановой частью, соединяемых траверсой, за более чем столетний период эксплуатации практически не изменилась. Изменения заключались в переходе с заклепочного соединения на сварные в 40-е годы и использовании широкополочных двутавров в 80-е годы прошлого столетия. В статье предложена новая конструктивная форма ступенчатой колонны с учетом современного доступного сортамента металлопроката и новых технологических возможностей заводов-изготовителей металлоконструкций.

**Ключевые слова:** конструктивная форма, ступенчатая металлическая колонна, профиль стальной гнутый замкнутый, плазменная резка, резка ленточной пилой.

## ON THE ISSUE OF THE DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTIVE FORM OF THE STEPPED THROUGH COLUMN

**Vladimir Vasylev<sup>1</sup>, Eduard Lozinskiy<sup>2</sup>, Olga Mishura<sup>3</sup>, Victoria Dolgacheva<sup>4</sup>**

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,  
Russian Federation, 286128, Makeevka, Derzhavin st., 2.

E-mail: <sup>1</sup> v.n.vasilev@donnasa.ru, <sup>2</sup> e.a.lozinskiy@donnasa.ru, <sup>3</sup> o.s.mishura@donnasa.ru,  
<sup>4</sup> vikidolg@mail.ru

Received 23 February 2024; accepted 22 March 2024.

**Abstract.** The article deals with the issues of improving the structural form of bearing columns of industrial buildings. Columns occupy the first place in the consumption of rolled metal in the total volume of rolled metal of an industrial building as a whole. Currently, the standard series of steel stepped columns of industrial buildings uses the structural shape of the column, formed at the end of the last century. The design of a stepped column of an industrial building with a through crane and a solid crane part connected by a traverse has not changed much over the more than 100-year period of operation. The changes consisted in the transition from riveted to welded joints in the 40s and the use of wide-band I-beams in the 80s of the last form of a stepped column, taking into account the modern available range of rolled metal and new technological capabilities of metal structure manufacturers.

**Keywords:** structural form, stepped metal column, bent closed steel profile, plasma cutting, band saw cutting.



### **Формулировка проблемы**

В расходе металлоконструкций, приходящихся на промышленные здания на стальные колонны, приходится 20 %, т. е. колонны по расходу металла на промышленное здание занимают первое место. В настоящее время в типовых сериях стальных ступенчатых колоннах промышленных зданий используется конструктивная форма колонны, сформированная в конце позапрошлого столетия – сопряжение подкрановой и надкрановой части колонны через траверсу, которая является вспомогательным элементом. За последние более чем 130-ть лет эксплуатации использования этой конструктивной формы к существенным усовершенствованиям, относящимся к прошлому столетию: переход с заклепочного соединения на сварное в 40-е годы; использование фрезеровки торцов колонн без выверочный монтаж в начале 60-х годов; использование широкополочного проката в начале 80-х годов. Кроме этого, при статическом расчете типовых колонн использовалась условная расчетная схема. В последнее время рынок металлопроката предлагает в ассортименте сравнительно недорогой стальной прокат – профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций, а заводы металлоконструкций в процессе модернизации оборудуются высоко технологичным и производительным технологическим оборудованием по обработке сортового проката. Поэтому, есть основа по разработке новых конструктивных решений на основе стального профильного сортамента.

### **Анализ исследований и публикаций**

В работе [1, 2, 3, 7, 9] рассмотрены вопросы формирования конструктивной формы ступенчатой решетчатой колонны промышленного здания. Сортамент на листовой прокат и профили стальные гнутые замкнутые для строительных конструкций представлены в государственных стандартах [5]. Современное представление конструктивной формы ступенчатых колонн и методы ручного расчета и конструирования рассмотрены в работе [4]. Нормативная база и вопросы расчета и проектирования колонн промышленных зданий нормируются и рассматриваются в источниках [5]. Типовое конструктивное

решение решетчатой колонны промышленного здания при одноярусном расположении мостовых кранов отражены в типовом альбоме [8].

### **Цели**

Разработка экономичного конструктивного решения решетчатой колонны промышленного здания, оборудованного мостовыми кранами на базе профилей стальных гнутых замкнутых сварных квадратных и прямоугольных для строительных конструкций с учетом современных технологических возможностей заводов металлоконструкций.

### **Основной материал**

Рассматриваемые в статье стальные сквозные, ступенчатые колонны являются самым «весомым» конструктивным элементом среди строительных конструкций и специальных сооружений – на промышленные здания приходится 65 % всего металлопроката, используемого в строительной индустрии, из которых 20 % приходится на колонны. Для примера, на фермы приходится 18 %, а на подкрановые балки – 8 %. Поэтому любые исследования, связанные со снижением металлоемкости и повышением технологичности изготовления колонн являются актуальными. В настоящее время в типовых колоннах промзданий используется конструктивная форма, которая была сформирована в конце позапрошлого в начале прошлого века. За этот период в 40-е годы перешли с заклепочного соединения на сварные и 80-е годы, а металлостроители получили экономичный и технологичный профиль – широкополочный двутавр. В технологических процессах заводов металлоконструкций существенные изменения начали формироваться в начале этого столетия. С целью повышения конкурентоспособности своей продукции заводы металлоконструкций начали техническое перевооружение за счет замены устаревшего технологического оборудования на современное. К этому времени рынок технологического оборудования был насыщен высокопроизводительным оборудованием на базе станков с программным числовым управлением: плазменная резка, механические пилы, линии по обработке проката, многошпиндельные сверлильные станки и т. д. К этому

времени на рынке металлопроката появился доступный, экономичный и высоко технологичный профиль стальной гнутой замкнутой для строительных конструкций (прямоугольная труба). Кроме этого, на заводах металлоконструкций освоили производство индивидуальных сварных двутавров на специализированных поточных линиях, которые составили конкуренцию горячекатаным широкополочным двутаврам. Наличие и доступность новых стальных профилей на фоне проходящего технического перевооружения заводов металлоконструкций является основанием для проведения исследований в области совершенствования конструктивных форм ступенчатых сквозных колонн промышленных зданий.

### *1. Обзор истории развития конструктивной формы стальных ступенчатых колонн промышленных зданий*

Современная отечественная школа металлостроительства развивается по направлению создания технологичных, экономичных и эксплуатационно надежных металлических конструкций. В основу экономичной конструкции закладывается четыре принципа, положенных в основу проектирования: экономия металла, снижение трудоемкости изготовления, сокращение сроков монтажа и учет условий эксплуатации, которые противоречивы, и успешное разрешение этой проблемы возможно при создании конструкций минимальной стоимости, удовлетворяющих требованиям эксплуатации, надежности и долговечности.

Порядка 65 % расхода металла от общего потребления стали строительной индустрией, включающей и специальные сооружения, приходится на каркасы промышленных зданий. В свою очередь, одним из металлоемких элементов каркаса промышленного здания являются основные колонны поперечных рам, на которые приходится порядка 25 % расхода металла на каркас зданий в целом.

Основные подходы к формированию конструктивной формы современных промышленных зданий с крановым оборудованием были сформированы в 30-е годы прошлого столетия, когда велась работа по созданию основ типового проектирования строительных конструкций. На этом этапе возможности проектировщиков,

производителей металлоконструкций и используемого сортамента металлопроката были весьма ограничены. Кроме этого, на этом этапе развития стройиндустрии формировалась советская школа металлостроителей, опиравшаяся на сформулированные новые подходы проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации.

В этот период формировалась советская школа металлостроителей, у истоков которой стоял Н. С. Стрелецкий – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры «Металлические конструкции» Московского инженерно-строительного института (МГСУ), член-корреспондент АН СССР, Герой Социалистического Труда СССР.

30-е годы прошлого столетия связаны с первыми пятилетками строительства промышленности. В этот период строительные металлоконструкции были особо востребованы на фоне дефицита как денежных, так и материальных ресурсов. Эти условия проектирования, изготовления и монтажа металлоконструкций сформировали основы советской школы металлостроителей:

- экономия стали на этапе проектирования;
- экономия трудовых затрат при изготовлении;
- минимальные сроки производства работ на строительной площадке.

На этом этапе развития металлоконструкций промышленных зданий, осуществлялся переход с заклепочного на сварные соединения.

Впервые в России заклепочные соединения были впервые применены при сооружении верфи на Галерном острове в Петербурге (1830 г).

В отличие от настоящего времени, для этого периода характерно индивидуальное проектирование, а это предполагает большое разнообразие конструктивных форм конструкций и сооружений в целом.

Проанализированы колонны переменного сечения двух конструктивных форм:

- колонны переменного сечения по высоте;
- отдельные колонны с приставной подкрановой ветвью.

#### **Колонны переменного сечения по высоте.**

Колонны переменного сечения состоят из подкрановой части сквозного (рис. 1, а) или сплошного (рис. 1, б) сечения и надкрановой части обычно постоянного сечения.

Колонна переменного сечения является наиболее распространенной.

Эта схема колонны позволяет:

- уменьшить влияние эксцентрисичности приложения крановых нагрузок;
- уменьшить сечения, а, следовательно, и вес верхней части колонны, которая менее нагружена по сравнению с нижней частью.

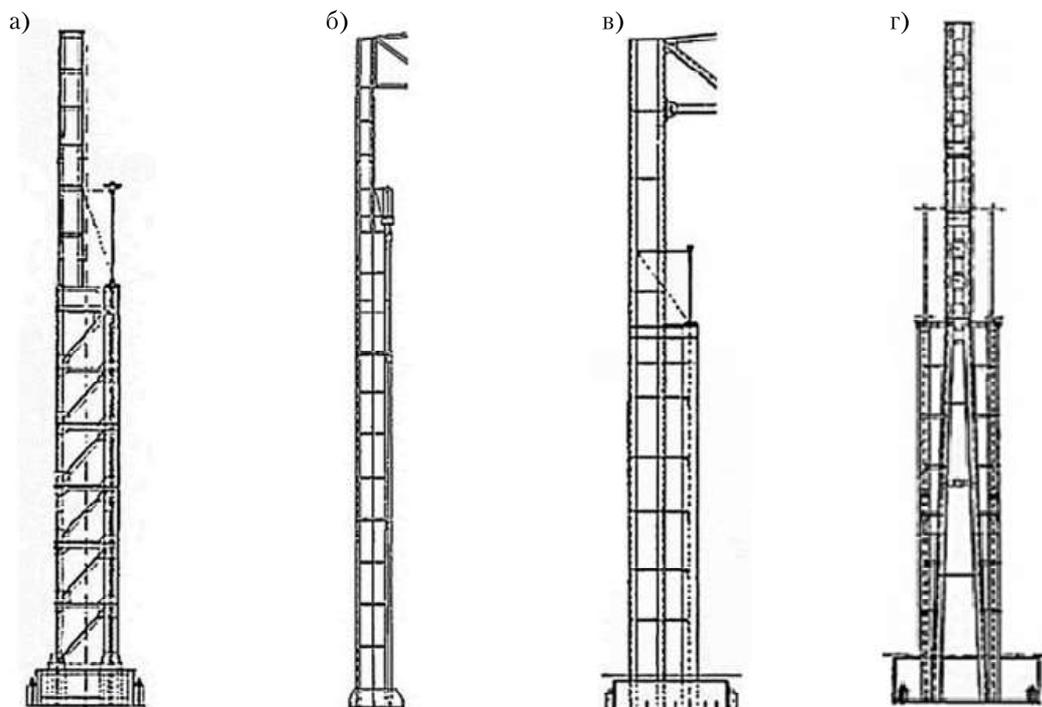
Верхняя часть сплошного сечения колонны переменного сечения (рис. 1, а), сопрягается с нижней сквозной частью через траверсу, т. е. траверса является дополнительным узлом, усложняющим и утяжеляющим конструкцию колонны. Это конструктивное решение максимально отвечало традиционной технологии, сложившейся на заводах металлоконструкций в период перехода с заклепочного соединения на сварное. Кроме этого, технологический процесс практически оставался стабильным на большинстве заводов металлоконструкций вплоть до 2 000-х годов. В дальнейшем в связи с повышением конкуренции на рынке металлоконструкций заводы металлоконструкций были вынуждены прово-

дить совершенствование технологического процесса за счет внедрения современного технологического оборудования: автоматической плазменной резки листа и профильного проката; механической резки профилей; фрезеровки; автоматических линий по обработке профильного проката; поточных линий по изготовлению сварных двутавров и тавров, специализированных камер по подготовке поверхности отправочных марок под покраску и т. д.

Рассмотренное конструктивное решение ступенчатой колонны со сквозной подкрановой частью (рис. 1, а) в дальнейшем было принято в типовых альбомах.

Схема сплошной ступенчатой колонны представлена на (рис. 1, б). Надкрановая и подкрановая части колонны имеют поперечные сечения в виде составного двутавра. Эта конструктивная форма колонны позволила без внесения особых конструктивных изменений перейти с заклепочного соединения на сварное.

Такая конструктивная форма ступенчатой колонны позволяет исключить промежуточный



**Рисунок 1.** Схемы ступенчатых колонн [7]: а) сквозная клепанная; б) сплошная сварная; в) раздельная сварная колонна крайнего ряда и среднего ряда (г).

узел в виде траверсы между подкрановой и надкрановой частями колонны (рис. 2).

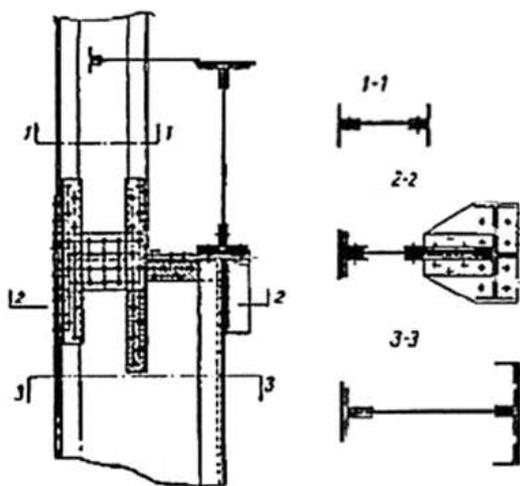
В этом случае подкрановая балка опирается на подкрановую площадку, опирающуюся на внутреннюю (подкрановую) ветвь.

Отсутствие траверсы в колонне значительно повышает эффективность использования металла за счет ликвидации промежуточного узла. Кроме этого для этого конструктивного решения при статическом расчете формируется более четкая расчетная схема, максимально приближенная к действительной.

Колонны с приставной подкрановой ветвью. Эта конструктивная форма колонны состоит из двух рядом стоящих стержней: наружного ограждающего и внутреннего подкранового, работающих практически независимо один от другого и выполняющих свой набор функций.

Колонна крайнего ряда с подкрановой ветвью и наружной ветвью постоянного сечения представлена на (рис. 1, в). Подкрановая ветвь соединяется с наружной ветвью, которая входит в состав поперечной рамы, горизонтальными листовыми шарнирами.

Колонна среднего ряда с центральной ветвью переменного сечения по высоте показана на (рис. 1, г). Это конструктивное решение колонны среднего ряда состоит из трех вертикальных ветвей: двух наружных подкрановых ветвей, воспринимающих только вертикальную крановую нагрузку от мостовых кранов и средней ветви, входящей в состав поперечной рамы.



**Рисунок 2.** Узел сопряжения верхней и нижней частей сплошной клепанной колонны переменного сечения [7].

Наружная ветвь крайней колонны и средняя ветвь средней колонны, входящие в состав поперечной рамы, воспринимают все действующие на раму нагрузки: собственный вес кровли и стенового ограждения; снеговую; ветровую; технологическую. Из крановых нагрузок эти ветви воспринимают только поперечное торможение тележки мостовых кранов.

Подкрановая ветвь воспринимает только вертикальную нагрузку от мостовых кранов, а также горизонтальную нагрузку от продольного торможения кранов.

При проектировании промышленных зданий с металлическим каркасом в настоящее время в большинстве случаев используются типовые конструкции. В работе для анализа рассмотрены типовые ступенчатые двухветвевые колонны высотой от 10, 8 до 18 м по серии 1.424-4 [8] (рис. 3).

За основу конструкции типовой колонны принята конструктивная форма ступенчатой колонны со сквозной подкрановой частью и сплошной надкрановой частью, которая была разработана в начале прошлого столетия (рис. 1, а).

Серия 1.424-4 [8] разработана для одноэтажных производственных зданий с одноярусным расположением мостовых кранов легкого, среднего и тяжелого режимов работы грузоподъемностью до 50 т. Как для сейсмических районов, так и для районов с сейсмичностью 7–9 баллов. Температура наружного воздуха в районах строительства выше минус 40 °С, так и ниже – до минус 65 °С.

Колонны, запроектированные с применением прокатных двутавров, допускают любое сочетание унифицированных высот и пролетов от 18 до 36 м, а также кранов.

Подкрановая решетчатая часть колонны состоит из двух ветвей, соединенных в двух плоскостях решеткой, выполненной из прокатных уголков. Надкрановая часть запроектирована из сплошного двутавра.

Материал колонн – низколегированная и углеродистая сталь, используемые в зависимости от условий эксплуатации.

Для периода интенсивного развития типового проектирования вплоть до конца 70-х годов прошлого столетия основывалось на ручном расчете металлоконструкций, который основывался на массе допущений и упрощений. Такое упрощение действительной работы конструкции



элементов решетки с наружной и подкрановой ветвью;

- хорошо отработанная типовая технология изготовления стальных колонн.

Недостатки колонны типопредставителя-1:

- условность расчетной колонны при статическом расчете – типовая колонна с решетчатой нижней частью и сплошного стержня верхней части, сопрягаемых через траверсу в виде сплошной короткой балки, в типовой расчетной схеме представлена в виде сплошного стержня переменной жесткости. Такая расчетная схема требует принятия условных допущений при определении продольных усилий в ветвях решетчатой нижней части колонны. Любые условности и допущения представляют собой элемент «незнания» действительной работы рассчитываемой конструкции, а это в свою очередь приводит к неоправданному расходу металла;
- использование минимум трех типов прокатных профилей – прокатный двутавр (2÷3 размера); уголок (2÷3 размера); (4÷6 толщин);
- высокий строительный коэффициент в пределах 1,20÷1,25, т. е. 100 % составляет вес основных расчетных деталей, а вспомогательные-нерасчетные детали составляют 20÷25 %;
- ориентация на старые технологические схемы изготовления строительных металлоконструкций.

### 3. Основные требования к новым конструктивным решениям колонн одноэтажных промзданий

При формировании требований к новым конструктивным решениям колонн легли недостатки колонны типопредставителя-1, которая выбрана в качестве базового решения для обоснования эффективности предложений по совершенствованию колонн.

Новые конструктивные решения колонн одноэтажных промзданий с крановым оборудованием должны отвечать основным критериям:

- использовать опыт проектирования решетчатых стальных колонн конца 18-го и начала 19-го веков с решетчатой надкрановой частью в виде «треугольника» [5, 13];
- максимально приблизить принятую расчетную схему колонны при статическом расчете

к ее действительной работе. Среди сварных конструкций, наиболее четкую расчетную схему имеет ферма без узловых уширений. Этому требованию отвечают решетчатые фермы из стального гнутого замкнутого сварного квадратного и прямоугольного профиля (в дальнейшем – прямоугольная труба) [4];

- обеспечить строительный коэффициент в пределах 1,05 %. Этому требованию отвечают решетчатые фермы из прямоугольных труб [4];
- максимально снизить количество используемых типов прокатных профилей. Этому требованию отвечают решетчатые фермы из прямоугольных труб [4], которые используют профильную трубу и лист [3];
- использовать современное технологическое оборудование, обеспечивающее высокое качество изготовления сборочных деталей, сборки и сварки колонны. К этому оборудованию относятся ленточные пилы и плазменная резка, которые в настоящее время широко используются на заводах металлоконструкций для поперечной резки прокатных профилей.

На основании сформулированных основных критериев, предъявляемых к новым конструктивным решениям колонн одноэтажных промзданий, определено новое конструктивное решение колонн:

- пространственная ферма без узловых уширений с четкой расчетной схемой при статическом расчете;
- для основных – расчетных элементов используется прямоугольная труба, а для вспомогательных, нерасчетных – используется прокатный лист. Использование этого набора профилей позволяет получить строительный коэффициент колонны в пределах 1,05 %;
- для обеспечения гарантированного качества изготовления колонны при поперечной резке прямоугольной трубы используются ленточные пилы или плазменная резка; плазменная резка листового проката; сверловка при образовании отверстий.

Конструктивное решение колонны типопредставителя-2 и 3 разработано на основании сформулированных критериев с учетом правил компоновки поперечной рамы промышленных зданий с крановым оборудованием и технических

решений шарнирных качающихся колонн [1, 2]. Колонны представляют собой пространственную стойку из прямоугольной трубы [5], состоящую из двух главных решетчатых ферм с треугольной решеткой в плоскости поперечной рамы, соединенных из плоскости треугольной решеткой. Сопряжение всех элементов колонн шарнирное [4].

#### Типопредставитель-2 (рис. 4, а).

Колонна состоит из нижней подкрановой части постоянного сечения и надкрановой переменной по высоте сечения в виде «треугольника». Подкрановая и надкрановая части колонны сопряжены между собой без вспомогательных элементов. Подкрановая и надкрановая части колонны представляют собой единую пространственную конструкцию.

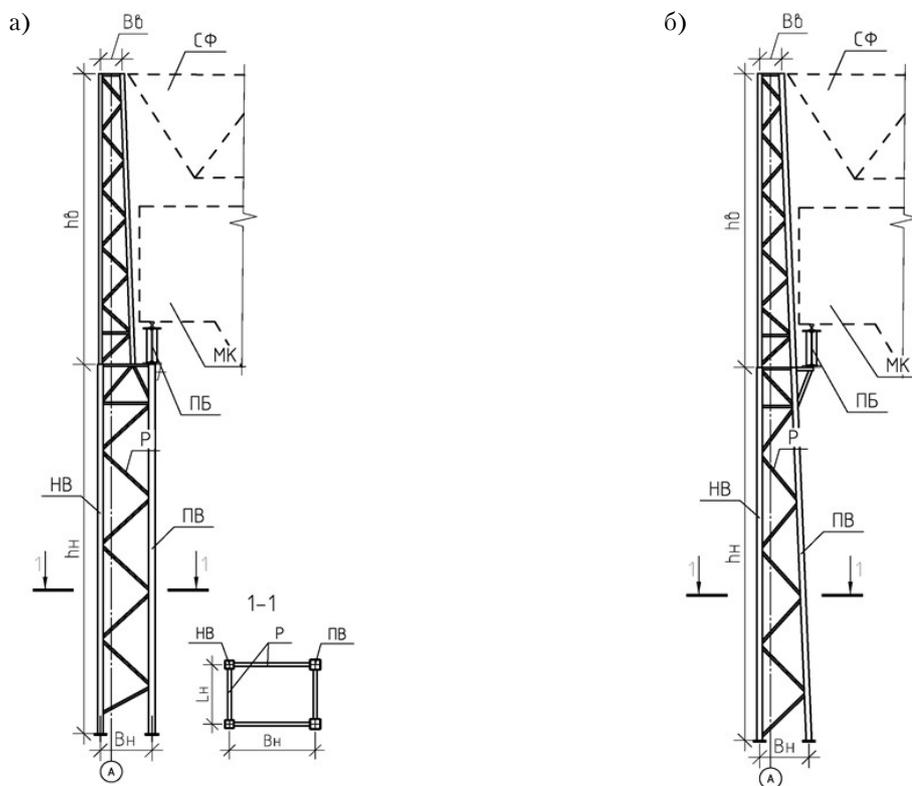
Сопряжение всех элементов колонны шарнирное. Нагрузка от покрытия передается на оголовок колонны при шарнирном сопряжении колонны с фермой. Подкрановая балка опирается непосредственно на подкрановую ветвь под-

крановой части колонны. Место опирания подкрановой балки выполнено в виде уступа.

**Типопредставитель-3** (рис. 4, б) практически повторяет конструктивное решение типопредставителя-2 (рис. 4, а). Отличие состоит в очертании подкрановой ветви колонны. Колонна имеет внешнее очертание в виде «треугольника», наружная ветвь вертикальная, а подкрановая наклонная. Обе ветви прямолинейные. Кроме этого, подкрановая балка опирается на консоль в виде треугольника.

Тормозная балка передает тормозное горизонтальное усилие непосредственно в узел наружной ветви колонны. Ветви подкрановой части колонны сопрягаются с фундаментом шарнирно.

Относительно типопредставителя-2 типопредставитель-3 в конструктивном решении имеет преимущество в упрощении узла сопряжения надкрановой части с подкрановой, т. к. отсутствует перелом подкрановой ветви и упрощается центральный узел сопряжения решетки в этой зоне.



**Рисунок 4.** Новые конструктивные решения колонны одноэтажного промышленного здания с мостовыми кранами из прямоугольных труб [5]: а) типопредставитель-2; б) типопредставитель-3; СФ – стропильная ферма; МК – мостовой кран; ПБ – подкрановая балка; НВ, НП – наружная и подкрановые ветви; Р – раскосы.

**Выводы**

1. Проанализированы основные подходы формирования конструктивных решений колонн промышленных зданий с крановым оборудованием в 30-е годы прошлого столетия. Для этого периода характерно индивидуальное проектирование, а это предполагает большое разнообразие конструктивных форм как конструкций, так и сооружений в целом. В этот период велась работа по созданию основ типового проектирования строительных конструкций.
2. В основе типовой колонны промышленного здания с крановым оборудованием было принято конструктивное решение ступенчатой клепанной колонны со сквозной подкрановой частью и сплошной надкрановой частью, соединенных между собой траверсой в виде двутавровой балки. С 30-х годов прошлого столетия конструкция типо-

вой ступенчатой сквозной колонны практически не изменилась.

3. На основании анализа исследуемых конструктивных решений индивидуальных и типовых колонн сформулированы их достоинства и недостатки, которые легли в основу новых конструктивных решений колонн.
4. В основе новых конструктивных решений колонн лежат решетчатые фермы, в конструкции которых отсутствует траверса. В новых колоннах заложен экономичный профиль – труба стальная профильная для металлоконструкций, обладающая высокой технологичностью при изготовлении на современных заводах металлоконструкций.
5. Новые конструктивные решения колонн позволяют снизить конструктивный коэффициент с 1,20–1,25, для традиционных колонн – до 1,05.

**Литература**

1. Балинский, Е. С. Проектирование и монтаж металлических конструкций : в 2 частях : часть 1: Материалы и их обработка. Соединения. Перекрытия / Е. С. Балинский. – Харьков, Киев : Государственное научно-техническое издательство, 1934. – 244 с. – Текст : непосредственный.
2. Балинский, Е. С. Проектирование и монтаж металлических конструкций : в 2 частях : часть 2: Подстроильные фермы. Полнокрановые балки. Опорные части. Колонны. Фахверковые стены и ветровые фермы. Монтаж металлических конструкций / Е. С. Балинский. – Харьков, Киев : Государственное научно-техническое издательство, 1934. – 248 с. – Текст : непосредственный.
3. Грегор, А. Сварные металлические конструкции / А. Грегор ; [перевод с немецкого В. А. Хламова, В. Д. Хламова]. – Ленинград ; Москва : ОНТИ-НКТП-СССР Главная редакция строительной литературы, 1935. – 200 с. – Текст : непосредственный.
4. Кудишин, Ю. И. Металлические конструкции : учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева. – Москва : Издательский центр «Академия», 2011. – 688 с. – (Серия. Бакалавриат). – ISBN 978-5-7695-8483-1. – Текст : непосредственный.
5. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции = Steel structure : издание официальное : утвержен и

**References**

1. Balinsky, E. S. Design and installation of metal structures : in 2 parts : Part 1: Materials and their processing. Connections. Floors. – Kharkov, Kyiv : State scientifictechnical. Publishing house, 1934. – 244 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Balinsky, E. S. Design and installation of metal structures : in 2 Parts : Part 2: Rafter trusses. Full crane beams. Support parts. Columns. Half-timbered walls and wind farms. Installation of metal structures. – Kharkov, Kyiv : State scientific-technical. Publishing house, 1934. – 248 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Gregor, A. Welded metal structures : translation from German by V. A. Khlamova, V. D. Khlamova. – Leningrad ; Moscow : ONTI Head Edit builds literature, 1935. – 201 p. – Text : direct.
4. Kudishin, Yu. I.; Belenya; E. I. ; Ignatieva, V. S. Metal structures : a textbook for students institutions of higher education professional. Education. Moscow : Publishing center «Academy», 2011. – 688 p. – (Ser. Bachelor's degree). – ISBN 978-5-7695-8483-1. – Text : direct. (in Russian)
5. SP 16.13330.2017. Steel structures : official publication : approved and enacted by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation No. 126/pr of February 27, 2017 : introduced for the first time: date of introduction 2017-08-28 / prepared by the Department of Urban Planning and

- введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : введен впервые : дата введения 2017-08-28 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). – Москва : Стандартинформ, 2020. – 150 с. – Текст : непосредственный.
6. Стрелецкий, Н. С. Курс металлических конструкций : в 2 частях : часть 1: Основы металлических конструкций / Н. С. Стрелецкий. – Москва : Стройиздат наркомстроя, 1940. – 850 с. – Текст : непосредственный.
  7. Стрелецкий, Н. С. Основы металлических конструкций : учебник / Н. С. Стрелецкий, А. Н. Гензель. – Москва : Стройиздат наркомстроя, 1935. – 945 с. – Текст : непосредственный.
  8. Типовые конструкции и детали зданий и сооружений. Серия 1.424-4. Стальные колонны одноэтажных производственных зданий. Выпуск 5. Колонны с применением прокатных широкополочных двутавров для зданий высотой от 10,8 до 18 м. Чертежи КМ : Постановление Госстроя СССР от 4 апреля 1977 г. № 31 : утверждены и введены в действие с 1 июля 1977 г. / разработаны институтами ЦНИИ-проектстальконструкция, Укрпроектстальконструкция. – Москва : Госстрой СССР, 1977. – 56 с. – Текст : непосредственный.
  9. Хомутильников, Н. И. Металлические конструкции промышленных зданий : учебник / Н. И. Хомутильников, К. Д. Морозов. – Москва, Ленинград : Госстройиздат, 1933. – 536 с. – Текст : непосредственный.
- Architecture of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Minstroy of Russia). – Moscow : Standardinform, 2017. – 150 p. – Text : direct. (in Russian)
6. Streletsky, N. S. Course of metal structures : in 2 Parts : Part 2 Fundamentals of metal structures. – Moscow : Stroyizdat of the People's Commissariat of Construction, 1940. – 850 p. – Text : direct. (in Russian)
  7. Streletsky, N. S.; Genzels A. N. Fundamentals of metal structures : textbook. – Moscow : Stroyizdat of the People's Commissariat of Construction, 1935. – 945 p. – Text : direct. (in Russian)
  8. Typical designs and details of buildings and structures. Series 1.424-4. Steel columns of one-story industrial buildings. Issue 5. Columns using rolled wideflange I-beams for buildings with a height of 10.8 up to 18 m. KM drawings : Decree of Gosstroy of the USSR from April 4, 1977 № 31 : approved and put into effect from July 1, 1977 / developed by institutes TsNII-proektstalkonstruktsiya, Ukrproektstalkonstruktsiya. – Moscow : TsNII-proektstalkonstruktsiya, Ukrproektstalkonstruktsiya, 1977. – 56 p. – Text : direct. (in Russian)
  9. Khomutinnikov, N. I.; Morozov, K. D. Metal structures of industrial buildings : textbook. – Moscow, Leningrad : Gosstroyizdat, 1933. – 536 p. – Text : direct. (in Russian)

**Васылев Владимир Николаевич** – кандидат технических наук, доцент; начальник лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередач, строительных конструкций и сооружений; технологий изготовления строительных конструкций.

**Лозинский Эдуард Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натуральных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

**Мишура Ольга Сергеевна** – ассистент кафедры проектирования зданий и строительной физики ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: аэродинамика зданий и сооружений. Исследование особенностей работы и конструирования строительных конструкций. Строительная физика.

**Долгачева Виктория Юрьевна** – магистрант кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование антенных опор под действием действительных нагрузок и воздействий.

**Vasylev Vladimir** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Laboratory for Testing Building Structures and Constructions, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: experimental and theoretical study of the operation of power transmission line supports, building structures and constructions; technology of manufacturing building structures.

**Lozinskiy Eduard** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Construction Physics Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: development of methods for assessing wind impact on buildings, structures and their complexes, improvement of methods for modeling the atmospheric boundary layer, fullscale and model tests of buildings and structures for wind load.

**Mishura Olga** – Assistant, Constructing Design and Construction Physics Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: aerodynamics of buildings and structures. The study of the features of the work and construction of building structures. Construction physics.

**Dolgacheva Victoria** – master's student, Metal Structures and Constructions Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: design of antenna supports under the action of real loads and influences.