



(25)-0424-1

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ В РОССИИ КОНСТРУКТОРСКОГО ДЕЛА НА ЗАВОДАХ-ПРОИЗВОДИТЕЛЯХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Владимир Николаевич Васылев<sup>1</sup>, Анатолий Владимирович Шевченко<sup>2</sup>,  
Александр Васильевич Красилов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия

<sup>1</sup> [wn1951@mail.ru](mailto:wn1951@mail.ru), <sup>2</sup> [sodr.sharm2017@gmail.com](mailto:sodr.sharm2017@gmail.com), <sup>3</sup> [alexdzvo@yandex.ru](mailto:alexdzvo@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье предложена этапность развития производства строительных стальных конструкций в России с учетом наличия металлопроката и технологической оснащенности завода-производителя – пять этапов. Подготовка технологического процесса изготовления стальных конструкций влияют ряд факторов как научного, так и технического развития производственной индустрии. В статье учитывались факторы: сортамент металлопроката, используемого в строительных и специальных конструкциях; новые конструктивные формы конструкций; наличие нового технологического оборудования; способы заводского и монтажного соединения конструкций; требуемый уровень качества, заложенный в проекте. Проанализированы достоинства и недостатки вариантов конструкторского дела для производства стальных строительных конструкций и опор линий электропередачи с учетом особенностей требований нормативных документов, регламентирующих качество и особенности технологии изготовления производителя, на основании стандартов ЕСКД, СПДС, ведомственных нормативных и методических документов. Подробно рассмотрена организация работы конструкторского отдела Донецкого завода высоковольтных опор с учетом проведения научной работы и подготовки конструкторов. По мнению авторов статьи, наиболее оптимальной организацией подготовки конструкторской документации для производства стальных строительных конструкций и опор линий электропередачи является система, разработанная Донецким заводом высоковольтных опор.

**Ключевые слова:** стальная конструкция, строительная конструкция, высоковольтная опора, конструкторская документация, завод-производитель

**Для цитирования:** Васылев В. Н., Шевченко А. Н., Красилов А. В. История развития в России конструкторского дела на заводах-производителях стальных конструкций // *Металлические конструкции*. 2025. Т. 31, № 2. С. 93–106. doi: 10.71536/mc.2025.v31n2.4. edn: lazrjj.

Original article

## THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING IN RUSSIA AT STEEL STRUCTURES MANUFACTURING PLANTS

Vladimir N. Vasylev<sup>1</sup>, Anatoly V. Shevchenko<sup>2</sup>, Alexander V. Krasilov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia,

<sup>1</sup> [wn1951@mail.ru](mailto:wn1951@mail.ru), <sup>2</sup> [sodr.sharm2017@gmail.com](mailto:sodr.sharm2017@gmail.com), <sup>3</sup> [alexdzvo@yandex.ru](mailto:alexdzvo@yandex.ru)

**Abstract.** The article suggests a stage-by-stage development of the production of building steel structures in Russia, taking into account the availability of rolled metal and the technological equipment of manufacturing plants – five stages. The preparation of the technological process for the manufacture of steel structures is influenced by a number of factors of both scientific and technical development of the manufacturing industry. The article took into account the following factors: the range of rolled metal used in construction and special



structures; new structural forms of structures; availability of new technological equipment; methods of factory and assembly connection of structures; the required level of quality inherent in the project. The advantages and disadvantages of the options for preparing technical documentation for the production of steel building structures and power transmission poles are analyzed, taking into account the specifics of the requirements of regulatory documents regulating the quality and manufacturing technology of the manufacturer, based on the ESCD, SPDS standards and departmental regulatory and methodological documents. The organization of the work of the design department of the Donetsk plant of high-voltage supports is considered in detail, taking into account the scientific work and training of designers. According to the authors of the article, the most optimal organization for the preparation of technical documentation for the production of steel building structures and power transmission poles is the system developed by the Donetsk Plant of High-voltage poles.

**Keywords:** steel structure, building structure, high voltage support, working drawing, manufacturing plant

**For citation:** Vasylev V. N., Shevchenko A. V., Krasilov A. V. The history of the development of engineering in Russia at steel structures manufacturing plants. *Metal Constructions*. 2025;31(2):93–106. (in Russ.). doi: 10.71536/mc.2025.v31n2.4. edn: lazrjj.

## Введение

При разработке конструкторской документации, которая является основой для изготовления стальных строительных и специальных конструкций, на всех стадиях: подготовительные; изготовление сборочных позиций; сборка и сварка отправочных марок; контрольная сборка; покраска и погрузка на транспортные средства. Кроме этого, конструкторская документация учитывает особенности монтажа этих конструкций на строительной площадке. Следовательно, качество конструкторской документации является основой обеспечения качества и технологичности стальной конструкции на всех стадиях ее изготовления, монтажа и эксплуатации.

В работе [1] описаны одни из первых железных строительных конструкций перекрытий и чердачных пространств, применяемых в России при восстановительных работах в 1838–1839 г. Зимнего дворца в Санкт-Петербурге после пожара. Рабочие чертежи железных конструкций разработаны с учетом отсутствия промышленного прокатного профиля и наличия только кузнечной обработки железа. На чертежах отсутствовали размеры, которые заменялись масштабной линейкой.

С освоением в середине 19-го века производства горячекатаного металлопроката и заклепочных соединений изменилась система оформления рабочих чертежей стальных конструкций.

Разработка рабочих чертежей металлоконструкций условно выполнялась в одну стадию. По современному это стадия между КМ и КМД

(конструкции металлические и конструкции детализированные). Рабочие чертежи конструкций изображались крупномасштабными фрагментами здания. На чертеже фрагмент мог не содержать полной информации для изготовления конструкций и монтажа, т. е. допускался расчет отдельных размеров сборочных деталей в цехе при изготовлении конструкции. Поэтому самую ответственную работу при изготовлении конструкций выполняли разметчики. Они обеспечивали техническую подготовку производства, производили расчет недостающих размеров, изготавливали шаблоны.

В работе [4] описан новый подход к разработке рабочих чертежей. От фрагментального изображения конструкций здания к системе разбиения здания на отдельные отправочные марки.

В 1934–1935 гг. на ведущих и наиболее крупных заводах – Верхнесалдинском (г. Верхняя Салда) и Днепропетровском, были созданы конструкторские отделы, выполнявшие рабочие чертежи всех изготавливаемых заводом стальных конструкций.

Эта система была распространена в 1941–1942 гг. на все заводы металлоконструкций стройиндустрии. Таким образом было положено начало разработке современной двух-стадийной системе проектирования: КМ – конструкции металлические и КМД.

В 1968 г была утверждена Система конструкторской документации (ЕСКД), предназначенная для машиностроения.

В 1979 г. была утверждена Система проектной документации для строительства (СПДС), устанавливающая основные требования к проектной и рабочей документации для строительства объектов различного назначения.

В зависимости от типа конструкции и завода-производителя конструкторские отделы при разработке конструкторской документации используют стандарты ЕСКД, СПДС, ведомственные нормативные и методические документы. Иногда использование того или иного документа является неоправданным, что приводит к усложнению разработки конструкторской документации и перенасыщению излишней информацией.

### Анализ последних исследований и публикаций

На заводах-производителях стальных строительных и специальных конструкций при разработке конструкторской документации используется большая номенклатура стандартов. Выбор в качестве рабочего стандарта для конкретной конструкции требует анализа и обоснования. Необоснованное использование стандарта приводит к усложнению разработки конструкторской документации и перенасыщению излишней информацией. Чаще используются стандарты ЕСКД [10], СПДС [19], ведомственные нормативные [20] и методические документы.

В работах [15; 16; 17; 18] рассмотрены вопросы расчета, проектирования и конструирования специальных конструкций.

### Цель работы

Выбор наиболее оптимального варианта разработки конструкторской документации для производства стальных конструкций на основании анализа достоинств и недостатков различных систем, используемых на заводах металлоконструкций.

### Основной материал

На формирование уровня технологического процесса изготовления стальных конструкций влияют ряд факторов научного и технического развития определенных периодов:

- наличие сортамента металлопроката, используемого в строительных и специальных конструкциях;

- потребность в новых конструктивных формах конструкций;
- наличие нового технологического оборудования;
- способа заводского и монтажного соединения конструкций;
- требуемый уровень качества, заложенный в проекте.

Поэтому процесс формирования системы изготовления стальных конструкций и развития проектно-конструкторской документации в России можно разбить на пять этапов.

#### Первый этап – первая половина 19-го века.

Начало этого этапа характеризуется отсутствием сортамента железного проката и использованием при изготовлении железных конструкций одной технологической операции – кузнечной.

При восстановительных работах в 1838–1839 г. Зимнего дворца в Санкт-Петербурге после пожара были смонтированы одни из первых железных строительных конструкций перекрытий и чердачных пространств, применяемых в России: эллипсной балки пролетом до 15 м и ферм с различными системами решетки. Оригинальный рабочий чертеж одного из вариантов конструкции фермы представлен на рис. 1 [1].

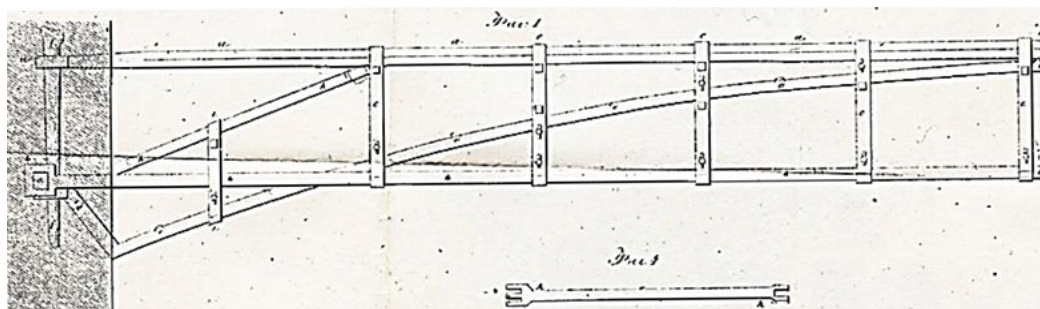
Железные конструкции были разработаны и изготовлены на Александровском заводе и Казённых мастерских (Санкт-Петербург).

В начале 19-го века при проектировании железных конструкций использовался квадрат, лист, болтовые и заклепочные соединения, полученные кузнечным способом, а производители конструкций также использовали только кузнечную технологию и литейное производство.

В 1822 г. в Европе было разработано цельное стальное сверло с винтовыми канавками. Внешний вид сверла сохранился и по ныне [2].

Заклепочные соединения применялись в Европе с начала 19 века (в России с 1830 г.). Широкому использованию заклепочного соединению послужило изобретение в 1839 г. англичанином Г. Модели дыропробивной машины, делавшей в минуту до 30 отверстий.

Рабочие чертежи железных конструкций разрабатывались с учетом наличия профиля, метизов и технологического процесса изготовления. Рабочий чертеж состоял из общего вида конструкции, отдельных сечений, узлов, маркировки детали и соединительных элементов.



**Рисунок 1** – Железная стропильная ферма чердачного пространства Зимнего дворца в Санкт-Петербурге, используемая при восстановлении 1838–1939 г. [1].

К особенностям рабочего чертежа следует отнести:

- отсутствие размеров отдельных деталей, геометрической схемы и габаритов конструкции. Необходимые размеры определялись путем обмера чертежа с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки, которая приводилась непосредственно на чертеже;
- отсутствие допусков на отдельные размеры. Очевидно в этом не было необходимости, так как при кузнечном изготовлении использовалась непосредственная подгонка отдельных размеров в поперечном сечении и в узлах;
- отсутствие указаний к технологическому процессу.

Используемый обмер чертежей для определения размеров изображенной конструкции и отдельных деталей представлял собой малопродуктивную операцию с большим разбросом допуска, которые удовлетворяли при изготовлении строительных конструкций в условиях кузнечного способа производства.

С развитием машинного производства, переходом к серийному выпуску изделий возникала необходимость взаимозаменяемости частей изделия. Определение размеров путем обмера чертежа не могло обеспечить выпуск изделий с взаимозаменяемыми частями. Поэтому на чертежах стали указывать размеры – сначала, только основные, а затем все размеры изображенного объекта.

#### **Второй этап – вторая половина 19-го века.**

Начало этапа характеризуется отсутствием единого российского сортамента горячекатаного проката, что являлось причиной многочисленных неувязок. Наличие разнообразных сортов различных заводов-производителей не

учитывало нужд строительной практики и проекты надо было привязывать к сортаменту определенных заводов и, если менялся поставщик металлопроката, приходилось переделывать проекты. Заводы Урала и Путиловский производили металлопрокат, пользуясь не метрической системой мер, а заводы юга – метрической системой мер. Все изменения проекта выполняла проектная фирма, так как котельные мастерские производители металлоконструкций в большинстве случаев не имели проектного подразделения.

Первые рельсы в России были прокатаны в 1843 г. на Выксунских заводах около г. Муром, в связи с началом постройки Николаевской железной дороги, соединившей Петербург и Москву [3].

В 1844 г. на Путиловском заводе в Санкт-Петербурге (ныне Кировский завод) впервые в России проводятся опытные прокатки сортового проката. Первоначально был освоен горячекатаный уголок, как наиболее востребованный профиль для заклепочного соединения в стальных конструкциях.

К 1900 г. сформировался технологическая схема изготовления стальных конструкций в котельных мастерских, которая легла в основу современных заводов металлоконструкций.

Использование заклепочного соединения в качестве основного внесли существенные коррективы в оформление рабочих чертежей стальных конструкций. На рис. 2 представлен фрагмент поперечной рамы промышленного здания.

Разработка рабочих чертежей металлоконструкций условно выполнялась в одну стадию. По-современному это стадия между КМ и КМД (конструкции металлические и конструкции деталировочные). Рабочие чертежи конструкций

изображались крупномасштабными фрагментами здания. Например, продольный или поперечный разрез, содержащий несколько монтажных элементов – колонну, ферму, подкрановую балку и т. д. На чертеже фрагмент мог не содержать полной информации для изготовления конструкций и монтажа, т. к. допускался расчет отдельных размеров сборочных деталей в цехе при изготовлении конструкции (рис. 2).

Поэтому самую ответственную работу при изготовлении конструкций выполняли разметчики. Они обеспечивали техническую подготовку производства, производили расчет недостающих размеров, изготавливали шаблоны, проверяли геометрические размеры собранных конструкций в процессе укрупнения, по общим чер-

тежам и техническим спецификациям металла составляли альбомы отправочных элементов, ведомости и эскизы сборочных деталей, спецификации заклепок и болтов, а также заказную спецификацию металла. Можно сказать, разметчики выполняли функции современного конструкторского отдела.

На чертежах отсутствовали допуски на размеры. Необходимо отметить, на машиностроительных чертежах допуски на размеры впервые появились в конце 19-го столетия с целью ликвидации подгонки деталей в процессе сборки изделий и создания основ взаимозаменяемости деталей [2].

Кроме этого, чертежи содержали информацию для изготовления машиностроительных узлов,

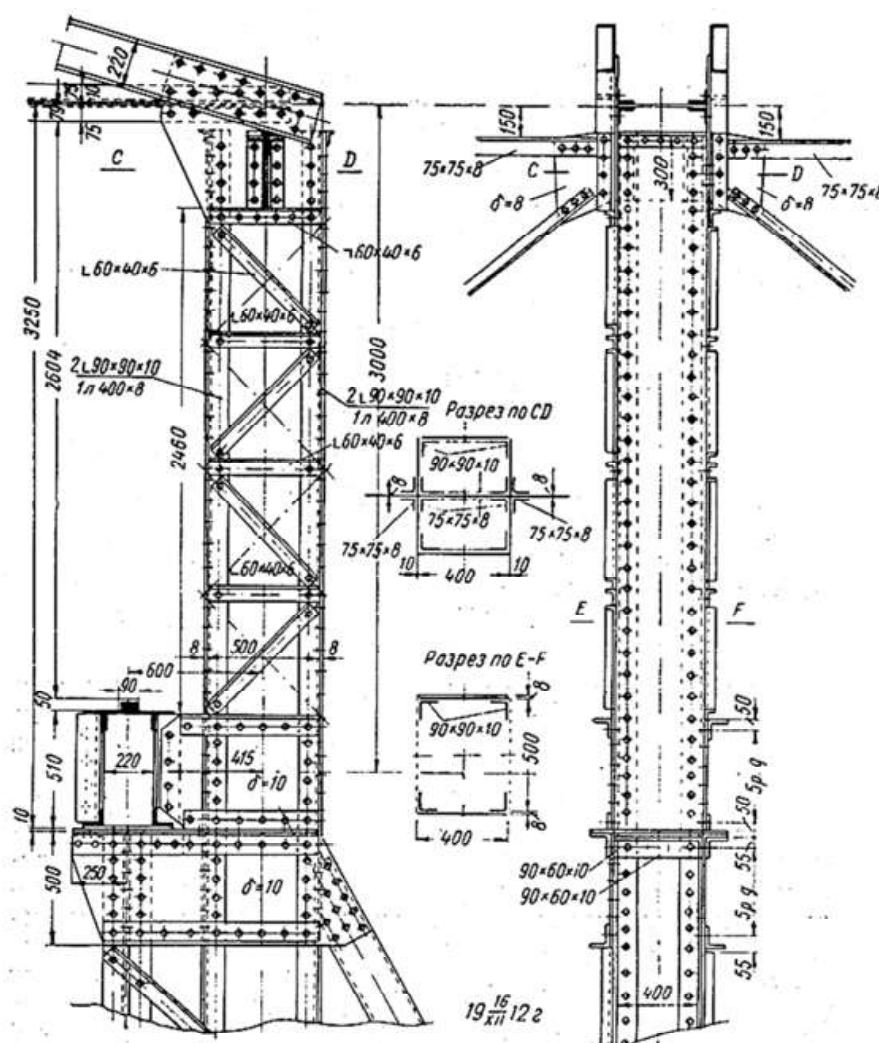


Рисунок 2 – Рабочий чертеж надкрановой части колонны поперечной рамы промышленного здания (1912 г.).

расположенных на строительных металлоконструкциях.

Технологический процесс изготовления отдельных деталей состоял из набора технологических операций, обеспечивающий производство металлоконструкций с заклепочными соединениями: механической резки, вальцовки, пробивки и сверловки отверстий, кузнечных операций и клепки.

Изготовление и монтаж некоторых конструкций промышленных зданий, резервуаров, небольших мостов производились непосредственно на строительных площадках.

Одним из первых крупных заводов России в конце 19-го века производивший металлоконструкций был Путиловский завод в Санкт-Петербурге. Крупным подрядчиком была фирма «Техническая контора инженера А. В. Бари», техническим руководителем конторы был В. Г. Шухов. Контора работала по эффективной схеме – тендер на строительство объекта, разработка проекта, изготовление конструкций и выполнение строительно-монтажных работ, т. е. строительство объекта выполнялось «под ключ» в пределах одной фирмы.

**Третий этап – начало 1900 г. до 1930 г.** Начало этого периода прежде всего характеризуется введением в России с 1-го января 1900 г. единого метрического сортамента металлопроката, ориентированного прежде всего на мостостроительные и строительные металлоконструкции. Этот сортament являлся первым в мире метри-

ческим сортаментом. Сортament просуществовал до 1932 г., после чего его улучшили, этот процесс проходит постоянно и в настоящее время.

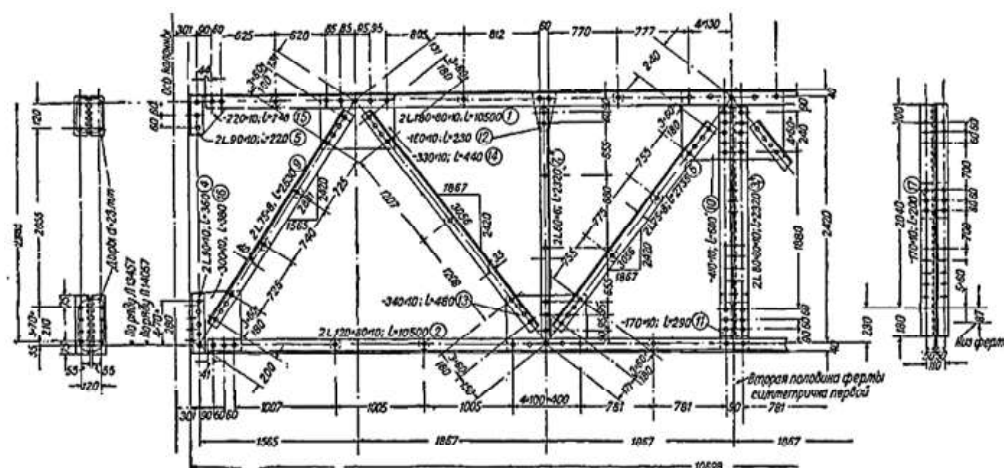
В этот период развития производства стальных металлоконструкций при разработке рабочих чертежей перешли от рабочих чертежей конструкций, изображаемых крупномасштабными фрагментами здания к отдельным монтажным маркам (рис. 3). Кроме этого, рабочий чертеж отдельной отправочной марки содержал полную, информацию необходимую для изготовления сборочных деталей в цехе обработки и сборки отправочной марки в цехе сборо-сварки.

В начале 20-х годов 20 века в России отсутствовали единые нормы и правила оформления машиностроительной технической документации.

В 1928 году был издан сборник «Чертежи в машиностроении» из 24 стандартов, а позднее сборник из 10 документов – «Система чертёжного хозяйства». Кроме этого, в ряде отраслевых ведомствах действовали свои нормативные документы, учитывающие специфику своего производства.

До 1930 г. значительная часть стальных конструкций ввозилась из-за границы, так как в то время в нашей стране имевшаяся производственная база была недостаточна для нужд развивавшейся промышленности.

В годы первых пятилеток (1928–1932 гг.) с началом строительства Магнитогорского, Кузнецкого, Запорожского металлургических комбинатов, Днепрогэса, Уралмаша и других новостроек



**Рисунок 3** – Рабочий чертеж подстропильной формы (марки) с различными масштабами для геометрической схемы и сборочных деталей [4].

возросли объемы необходимых металлоконструкций, что потребовало расширения производственной базы по их изготовлению. Для удовлетворения потребностей в металлоконструкциях крупных строок при монтажных организациях были созданы мастерские по изготовлению стальных конструкций. Стальные конструкции изготавливались в котельных цехах металлургических заводов и во временных мастерских и непосредственно на строительных площадках. Например, Запорожский, Мариупольский, Донецкий и Макеевский заводы металлоконструкций в дальнейшем были организованы на базе таких мастерских.

На этом этапе отсутствовали специализированные заводы по производству стальных опор линий электропередачи. Поэтому стальные опоры изготавливались на заводах, производящих строительные металлоконструкции и соответственно рабочая документация для них разрабатывалась по одним правилам.

#### **Четвертый этап – начало 1930 г. до 2000 г.**

Начало этого этапа связано прежде всего с переходом с заклепочного соединения на сварное и реорганизацией структуры подготовки проектной и технологической документации производства металлоконструкций на заводах-производителях. Кроме этого в 1930–1936 гг. был построен новый завод строительных стальных конструкций и мостов в Верхней Салде и организован как самостоятельный Днепропетровский завод металлоконструкций на базе цеха мостовых конструкций Днепропетровского металлургического завода им. Г. И. Петровского.

На Днепропетровском заводе в 1931–1932 гг. были изготовлены сварные конструкции решеток-ловилок для Днепрогэса и опоры линии электропередачи Запорожье-Днепропетровск.

В 1934–1935 гг. на ведущих и наиболее крупных заводах – Верхнесалдинском (г. Верхняя Салда) и Днепропетровском, были созданы конструкторские отделы, выполнявшие рабочие чертежи всех изготавливаемых заводом стальных конструкций. Конструкторские отделы работали совместно с технологами отдела подготовки производства. За разметчиками остались операции по изготовлению шаблонов и разметки металлопроката в цехе обработки.

В 1938 г. было опубликовано Постановление СНК СССР от 26.02.1938 № 233 «Об улучше-

нии проектного и сметного дела и об упорядочении финансирования строительства».

Приказом Наркомстроя СССР в декабре 1941 г. разработка рабочих чертежей стальных конструкций была возложена на заводы-изготовители. Эта система была распространена в 1941–1942 гг. на все заводы металлоконструкций стройиндустрии, после чего на всех заводах были созданы конструкторские отделы. Таким образом было положено начало разработке современной двух стадийной системе проектирования: КМ – конструкции металлические и КМД – конструкции металлические деталировочные разрабатывались на основе заводских стандартов.

Такая система конструктивно-технологического проектирования при разработке рабочих (деталировочных) чертежей позволяет работать в тесной увязке с разработкой заводской технологии изготовления стальных конструкций, с учетом рационального использования наличного металлопроката и технологических возможностей завода-изготовителя конструкций.

В 1965 году в связи с развитием техники, новых отраслей промышленности и новых форм организации производства в машиностроении была начата работа по созданию новой единой системы конструкторской документации (ЕСКД), утвержденная в 1968.

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к чертежам деталей, сборочным чертежам, монтажным чертежам и габаритным чертежам на стадии разработки рабочей конструкторской документации. Настоящий стандарт распространяется на изделия машиностроения всех отраслей промышленности.

В 1978 г. была издана Временная инструкция о составе и оформлении строительных рабочих чертежей зданий и сооружений СН 460-74 на стадии КМ [5].

В 1979 г. была издана временная инструкция по оформлению рабочих чертежей стальных строительных конструкций на стадии КМД, разработанная ведущими проектным и научно-исследовательским институтом Госстроя СССР [6]. Тем не менее, рабочие чертежи различных заводов металлоконструкций имели свой почерк, не читая штампа можно было определить на каком заводе он был разработан.

В 1979 г. была утверждена Система проектной документации для строительства (СПДС),







собираемость механизма, состоящего из сотни деталей, которые могут быть изготовлены на различных предприятиях, и взаимозаменяемость отдельных деталей, а для этого требуется высокая точность изготовления, когда требуется оперировать микронами.

При изготовлении обычных строительных стальных конструкций [7] и опор линий электропередачи используется своя система обеспечения качества [8], в которых наиболее жесткими допусками для линейных размеров является  $\pm 1$  мм, а допуски  $\pm 0,1$  мм предъявляются к диаметрам отверстий.

Когда требуется механическая обработка отдельных сборочных деталей или сварных узлов в механическом цехе дополнительно разрабатываются проектная документация с полным соблюдением системы ЕСКД.

На Донецком заводе высоковольтных опор (ДЗВО) с середины 1980-х годов была разработана и внедрена автоматизированная система управления производством (АСУП). Систему разработал к. э. н. Л. С. Винарик, который работал в Институте искусственного интеллекта г. Донецка. Работу системы обеспечивала ЭВМ серии «ЕС».

В 1990 году конструкторский отдел завода, возглавляемый главным конструктором А. И. Бондаренко, был укомплектован персональными компьютерами с необходимыми периферийны-

ми устройствами. Компьютерная техника легла в основу разработки рабочих проектов опор ВЛ на платформе AutoCAD, поддерживаемая директором ДЗВО – Е. А. Макаренко.

Инициаторами по изучению и внедрению в проектирование компьютерной графики были конструктора А. В. Шевченко и А. В. Артамонов. Первоначально при оформлении рабочих чертежей использовалась машиностроительная система ЕСКД, т. к. на тот момент в конструкторском отделе все конструкторы по образованию были машиностроителями. С приходом в отдел инженера-строителя А. В. Шевченко была внедрена система СПДС с учетом традиционной системы, используемой на ЗМК. Уже в 1991 году вышли первые чертежи КМД, разработанные на ПК. В этот процесс активно включились остальные конструктора завода: Н. П. Еременко, С. Д. Прудяк, А. И. Лынский, Н. И. Сурова и Т. А. Ананьева.

Разработанная система подготовки рабочих чертежей опор линий электропередачи максимально упростила их разработку без лишней информации. На рис. 5 представлен оригинальный рабочий чертеж КМД датированный 2003 г., разработанный конструкторским отделом ДЗВО.

Разработка рабочих проектов опор ВЛ с использованием ПК оказался востребованным, многие предприятия СНГ переняли опыт ДЗВО,

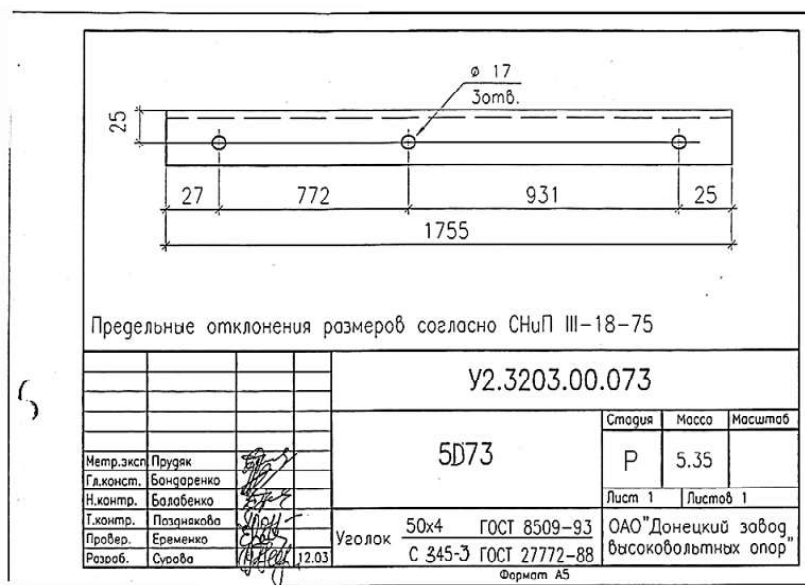


Рисунок 5 – Рабочий чертеж сборочной детали, разработанный в конструкторском отделе ДЗВО.

включая Домодедовский завод металлоконструкций. Журналисты в то время были частыми гостями ДЗВО.

Кроме внедрения компьютерных технологий при разработке конструкторской документации, необходима иметь систему повышения квалификации сотрудников конструкторского отдела.

На ДЗВО конструкторы постоянно совершенствовали профессиональные навыки. А. В. Шевченко для нужд конструкторского отдела писал алгоритмы решения задач: по вычерчиванию детализовочных чертежей раскосов, поясов, фасонков, вычисления массы деталей, составления спецификации металлопроката и метизов, и др. Алгоритмы были реализованы в программах с использованием языка программирования AutoLISP. В дальнейшем эти программы были переработаны в 3D формат, что позволило выполнять компьютерную контрольную сборку опор.

В 1992 году А. В. Шевченко в МИСИ им. Куйбышева, г. Москва получает второе высшее образование по специальности «Спецфакультет САПР», а в 1997 году защищает кандидатскую диссертацию [9], под руководством д. т. н., профессора Е. В. Горохова.

В составе авторского коллектива Е. В. Горохову, Е. В. Шевченко, В. Н. Васылеву и В. В. Семенову за работу «Разработка научных основ, освоение производства и внедрение конкурентоспособных, эксплуатационно надежных конструкций электросетей», была присуждена Государственная премия Украины за 2002 год в области науки и техники [10].

В 2004 году директор ЧАО «ДЗВО» В. В. Семенов защитил кандидатскую диссертацию [11], под руководством д. т. н., профессора Е. В. Горохова.

Большой вклад в проектирование, испытания и усовершенствование опор ВЛ внесла кафедра «Металлические конструкции и сооружения» (Е. В. Горохов, Е. В. Шевченко) и Полигон испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений (В. Н. Васылев) ФГБОУ ВО «ДОННАСА» [12; 13; 13].

Большое внимание завод уделял подготовке кадров. По инициативе Е. А. Макаренко и Е. В. Горохова в 1996 году ФГБОУ ВО «ДОННАСА» по индивидуальной учебной программе подготовила для конструкторского отдела завода моло-

дых специалистов: Д. И. Ивашкина, Д. В. Евсеенко, А. В. Красилов, С. И. Тригубова и Д. В. Балабенко.

Наличие на ДЗВО высококвалифицированного конструкторского отдела, который постоянно повышал свою квалификацию, занимался научной работой с ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» и подготовкой кадров позволило заводу завоевать отечественное и мировое признание.

Предприятие наработал большой мировой опыт изготовления конкурентоспособных и соответствующих мировым стандартам по качеству опор линий электропередачи для любых климатических условий – от пустыни Сахары до арктических районов с вечной мерзлотой и температурой до минус 65°. ДЗВО производил до 30 тыс. тонн в год опор различных конструктивных форм. Опоры ДЗВО эксплуатируются в Европе, Азии, Африке и Америке. С 1964 г. в Египте успешно работают две линии 500 кВ Асуан-Каир, общий вес 45 тыс. тонн. Поставки на экспорт осуществлялись в 22 страны мира. В 1988 году на опорах завода построен участок Барнаул-Итат первой в мире линия сверхвысокого напряжения 1 150 кВ, которая продержала свое лидерство в течение 20 лет.

В 1992 году завод получил в Мадриде почетный приз – «Международную Золотую Звезду» – за высокую репутацию и качество продукции; в 1994 году в Мехико заводу вручена «Бриллиантовая звезда» за высокое качество продукции.

ДЗВО в 1999 г. был аттестован по международной системе качества ISO 9002 немецкой фирмой TUF NORD.

**Пятый этап – конец 2000 г. наше время.** Большая конкуренция на рынке сварных металлоконструкций потребовала от традиционных заводов строительных металлоконструкций расширения номенклатуры своей продукции с целью изготовления металлоконструкций для других отраслей промышленности. Это потребовало технического перевооружения основных и вспомогательных цехов производства новым современным высокопроизводительным оборудованием и технологиями, обеспечивающие новый уровень качества продукции. Это в свою очередь потребовало при подготовке конструкторско-технологической документации перехода на современные компьютерные технологии.

В настоящее время на крупных заводах металлоконструкций используются программный комплекс Tekla Structures.

## Выводы

1. Предложена этапность развития производства строительных стальных конструкций в России с учетом наличия металлопроката и технологической оснащенности заводов-производителей.
2. Рассмотрены особенности разработки технической документации, используемой при производстве строительных стальных конструкций и опор линий электропередачи.
3. Проанализированы достоинства и недостатки вариантов подготовки технической документации для производства стальных строи-

тельных конструкций и опор линий электропередачи с учетом особенностей требований нормативных документов, регламентирующих качество и особенности технологии изготовления производителя, на основании стандартов ЕСКД, СПДС и ведомственных нормативных и методических документов.

4. Подробно рассмотрена организация работы конструкторского отдела Донецкого завода высоковольтных опор с учетом проведения научной работы и подготовки конструкторов.
5. По мнению авторов статьи, наиболее оптимальной организацией подготовки технической документации для производства стальных строительных конструкций и опор линий электропередачи является система, разработанная Донецким заводом высоковольтных опор.

## Список источников

1. Ольховский, Н. И. Описание желѣзныхъ балокъ и стропиль, устроенныхъ въ Зимнемъ дворцѣ при возобновленіи его. Санктпетербургъ: тип. И. Глазунова и К, 1839. 62 с.
2. Зайцев Г. Н., Федюкин В. К., Атрошенко С. А. История техники и технологий. СПб.: Политехника, 2007. 416 с.
3. Ламан Н. К. Развитие техники обработки металлов давлением с древнейших времен до наших дней. М.: Наука. 1989. 236 с.
4. Стрелецкий Н. С., Гениев А. Н. Основы металлических конструкций. М., Л.: Главная редакция строительной литературы, 1935. 943 с.
5. СН 460-74. Временная инструкция о составе и оформлении строительных рабочих чертежей зданий и сооружений: Раздел 1. Общие положения / Государственный Комитет Совета Министров СССР по делам строительства (ГОССТРОЙ СССР). М.: Стройиздат, 1975. 29 с.
6. Временная инструкция о составе и оформлении строительных рабочих чертежей зданий и сооружений / В. В. Куренной и [др.]. // Конструкции металлические: чертежи КМД. М.: Союзметаллостройинипроект, 1979. 46 с.
7. СП 53-101-98. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций. М.: Госстрой России, 1999. 33 с.
8. СТО АРСС 11251254.001-018-5. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций. М.: Ассоциация "Объединение участников бизнеса по развитию стального строительства", 2019. 65 с.

## References

1. Olkhovsky, N.I. (1839), *Opisanie zheleznykh "balok" i stropil, ustroennykh v "Zimnem" dvortse pri vozobnovlenii ego* [Description of the iron beams and rafters installed in the Winter Palace during its restoration]: Type. I. Glazunova and K, St. Petersburg, Russia.
2. Zaitsev, G.N., Fedyukin, V.K. and Atroshenko, S.A. (2007), *Istoriya tekhniki i tekhnologij* [History of technology and engineering]: Polytechnic, St. Petersburg, Russia.
3. Laman, N.K. (1989), *Razvitie tekhniki obrabotki metallov davleniem s drevnejshih vremen do nashih dnei* [The development of metal forming technology from ancient times to the present day]: Science, Moscow, Russia.
4. Streletskiy, N.S. and Geniev, A.N. (1935), *Osnovy metallicheskih konstrukcij* [Basics of metal structures]: Main editorial office of construction literature, Moscow, Leningrad, Main editorial board of construction literature.
5. State Committee of the USSR Council of Ministers for Construction Affairs (GOSSTROY USSR) (1975), *Vremennaya instrukciya o sostave i oformlenii stroitel'nyh rabochih chertezhej zdaniy i sooruzhenij* [Temporary instruction on the composition and design of construction work drawings of buildings and structures], Stroyizdat, Moscow, Russia.
6. Kurennoy, V.V., Rozhdestvensky, Yu.V., Shelegov, V.P. and Tarnopolsky, A.A. (1979), *Vremennaya instrukciya o sostave i oformlenii stroitel'nyh rabochih chertezhej zdaniy i sooruzhenij. Konstrukcii metallicheskie: chertezhi KMD* [Temporary instructions on the

9. Шевченко А. В. Рациональные пространственные стержневые конструкции энергетического строительства в системе автоматизированного проектирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Макеевка, 1997. 24 с.
10. ГОСТ Р 2.109-2023. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 37 с.
11. Семенов В. В. Усовершенствование проектирования и управления производства опор линий электропередачи: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.01. Макеевка, 2004. 24 с. Библиогр. с. 16-17.
12. Комплексные испытания, проводимые на базе Полигона испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений (часть 1) / Е. В. Горохов и [др.]. // Металлические конструкции. 2023. Т. 29, N 2. С. 93-104. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59461051> (дата обращения: 18.04.2025). ISSN 1814-5566. EDN WEEDQO.
13. Комплексные испытания, проводимые на базе Полигона испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений ФГБОУ ВО "ДОН-НАСА" (часть 2) / Е. В. Горохов и [др.]. // Металлические конструкции. 2023. Т. 29, N 3. С. 129-142. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=66252594> (дата обращения: 18.04.2025). ISSN 1814-5566. EDN SSYWAO.
14. Комплексные испытания, проводимые на базе Полигона испытаний опор линий электропередачи и башенных сооружений ФГБОУ ВО "ДОН-НАСА" (часть 3) / Е. В. Горохов и [др.]. // Металлические конструкции. 2023. Т. 29, N 4. С. 167-180. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=66252594> (дата обращения: 18.04.2025). ISSN 1814-5566. EDN SSYWAO.
15. A new Norwegian wind loading standard. Draft NS 34914: 1st International Codification workshop for wind loads. Bochum (Germany): [s. n.], 2000. 7 p.
16. EN 1991-1-1:2002. Eurocode 1 - Actions on structures. Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings. Brussels: CEN, 2002. 44 p.
17. Cigre. Guidelines for Meteorological Icing Models, Statistical Methods and Topographical Effects: Technical Brochures. Paris: CIGRE, 2006. 116 p. URL: <https://www.e-cigre.org/publications/detail/291-guide-lines-for-meteorological-icing-models-statistical-methods-and-topographical-effects.html> (дата обращения: 18.04.2025).
18. ГОСТ Р 21.101-2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. Издание официальное. М.: Стандартинформ. 2020. 64 с.
- composition and design of construction working drawings of buildings and structures. Metal structures: drawings KMD]: Soyuzmetallostroyeniiproekt, Moscow, Russia.
7. Gosstroy of Russia (1999), *SP 53-101-98: Izgotovlenie i kontrol' kachestva stal'nykh stroitel'nykh konstrukcij* [SP 53-101-98: Manufacturing and quality control of steel building structures], Gosstroy of Russia, Moscow, Russia.
8. Organization standard (2019), *STO ARSS 112-51254.001-018-5: Izgotovlenie i kontrol' kachestva stal'nykh stroitel'nykh konstrukcij* [Manufacturing and quality control of steel building structures], Association "Association of business participants for the development of steel construction", Moscow, Russia.
9. Shevchenko, A.V. (1997), "Rational spatial rod structures of power engineering construction in the automated design system", Abstract of Ph.D. dissertation, Ground transport and technological means, Donbas State Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Ukraine.
10. National standard of the Russian Federation (2023), *GOST R 2.109-2023: Edinaya sistema konstruktorskoj dokumentacii. Osnovnye trebovaniya k chertezham. Izdanie oficial'noe* [GOST R 2.109-2023: Unified system of design documentation. Basic requirements for drawings.], Russian Institute of Standardization, Moscow, Russia.
11. Semenov, V.V. (2004), "Improvement of design and production management of transmission line supports", Abstract of Ph.D. dissertation, Ground transport and technological means, Makeyevka, Ukraine.
12. Gorokhov, E.V., Vasylev, V.N., Alekhin, A.M. and Anishchenkov, V.M. (2023), "Comprehensive Tests Conducted at the Test Site for Power Transmission Line Supports and Tower Structures (Part 1)", *Metal Constructions*, vol. 29, no. 2, pp. 93-104, available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59461051> (Accessed 18 April 2025). ISSN 1814-5566. EDN WEEDQO.
13. Gorokhov, E.V., Vasylev, V.N., Alekhin, A.M. and Anishchenkov, V.M. (2023), "Complex Tests Carried out on the Basis of the Testing Ground for Power Transmission Poles and Tower Structures FSBEI HE "DONNACEA" (Part 2)", *Metal Constructions*, vol. 29, no. 3, pp. 129-142, available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=66252594> (Accessed 18 April 2025). ISSN 1814-5566. EDN SSYWAO.
14. Gorokhov, E.V., Vasylev, V.N., Alekhin, A.M. and Anishchenkov, V.M. (2023), "Complex Tests Carried out on the Basis of the Testing Ground for Power Transmission Poles and Tower Structures FSBEI HE "DONNACEA" (Part 3)", *Metal Constructions*, vol. 29, no. 3, pp. 167-180, available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68506023> (Accessed 18 April 2025). ISSN 1814-5566. EDN DQGJTS.
15. A new Norwegian wind loading standard. Draft NS 34914, 1st International Codification workshop for wind loads (2000), Bochum, Germany.

16. European Standard (2002), *EN 1991-1-1:2002: Eurocode 1 - Actions on structures. Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings*. CEN, Brussels, BE.
17. Cigre (2006), Guidelines for Meteorological Icing Models, Statistical Methods and Topographical Effects (2006), CIGRE, Paris, FR, available at: <https://www.e-cigre.org/publications/detail/291-guide-lines-for-meteorological-icing-models-statistical-methods-and-topographical-effects.html> (Accessed 18 April 2025).
18. National standard of the Russian Federation (2020), *GOST R 21.101-2020: Sistema proektnoj dokumentacii dlya stroitel'stva. Osnovnye trebovaniya k proektnoj i rabochej dokumentacii. Izdanie oficial'noe* [GOST R 21.101-2020: System of design documentation for construction. Basic requirements for design and working documentation. Official publication], Standartinform, Moscow, Russia.

#### Информация об авторах

**Васылев Владимир Николаевич** – кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений.

**Шевченко Анатолий Владимирович** – кандидат технических наук. Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту эффективных бескаркасных утепленных сводчатых покрытий из стальных тонкостенных холодногнутых профилей.

**Красилов Александр Васильевич**. Научные интересы: стальные опоры линий электропередачи напряжением 6–1 500 кВ: разработка рабочих проектов, разработка новых конструктивных решений, изучение действительного состояния в процессе эксплуатации, разработка проектов усиления и реконструкции, адаптация, модернизация конструкций и повышение надежности под условия эксплуатации, исследование действительного напряженно-деформированного состояния в полевых и лабораторных условиях.

#### Information about the authors

**Vasylev Vladimir N.** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Candidate of Technical Sciences; Head of the Laboratory for Testing Building Structures and Facilities Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeyevka, Russia. Scientific interests: experimental and theoretical study of the operation of power transmission line supports, building structures and facilities; technologies for manufacturing building structures.

**Shevchenko Anatoly V.** – Ph. D. (Eng.). Scientific interests: improvement of structural and technological solutions for the installation and overhaul of effective frameless insulated vaulted coverings made of thin-walled cold-rolled steel profiles.

**Krasilov Alexander V.** Scientific interests: steel supports for 6–1 500 kV power transmission lines: development of working projects, development of new design solutions, study of the actual state during operation, development of reinforcement and reconstruction projects, adaptation, modernization of structures and increase of reliability under operating conditions; study of the actual stress-strain state in field and laboratory conditions.

#### Вклад авторов:

**Васылев В. Н.** – написание аннотации и введения; описание процесса формирования системы изготовления стальных конструкций и развития проектно-конструкторской документации в России на 1-м и 2-м этапах в течение 19-го века.

**Шевченко А. В.** – описание истории формирования работы конструкторского отдела Донецкого завода высоковольтных опор и основные факторы, влияющие на качество разрабатываемой проектно-конструкторской документации для изготовления опор высоковольтных линий электропередачи.

**Красилов А. В.** – описание процесса формирования системы изготовления стальных конструкций и развития проектно-конструкторской документации в России с начала 3-го этапа по наше время в течение 1900 г. по 2025 г.

**Contribution of the authors:**

**Vasylev V. N.** – writing the abstract and introduction; description the process of forming a steel structure manufacturing system and the development of design documentation in Russia at the 1st and 2nd stages during the 19th century.

**Shevchenko A. V.** – description of the history of the formation of the work of the design department of the Donetsk plant of high-voltage poles and the main factors affecting the quality of the developed design documentation for the manufacture of poles of high-voltage power transmission lines.

**Krasilov A. V.** – description of the process of forming a steel structure manufacturing system and the development of design documentation in Russia from the beginning of the 3rd stage to our time during 1900 to 2025.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

*Статья поступила в редакцию 25.04.2025; одобрена после рецензирования 16.05.2025; принята к публикации 23.05.2025.*

*The article was submitted 25.04.2025; approved after reviewing 16.05.2025; accepted for publication 23.05.2025.*