

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В МЕТРОСТРОЕНИИ БЕЛАРУСИ

Шнаркевич Алексей Адамович, магистрант

кафедры «Механизация и автоматизация

дорожно-строительного комплекса»

(Научный руководитель – Гарост М.М., канд. техн. наук, доцент)

Козловые краны применяются в городском строительстве для выполнения погрузочно-разгрузочных и транспортных работ, предварительной сборки конструкций и основных монтажных работ при открытом способе строительства метрополитена [1].

При открытом способе строительства метрополитена основными работами, которые выполняются при помощи козловых кранов, являются:

1. Сооружение ограждающих конструкций котлованов методом «стена в грунте»;
2. Анкерное крепление котлованов;
3. Сборка тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК);
4. Сооружение станционного комплекса открытым способом;
5. Сооружение перегонных тоннелей открытым способом;
6. Сооружение монтажно-щитовых и вентиляционных камер открытым способом;
7. Сооружение тупиков и оборотных тоннелей конечных станций;
8. Подача железобетонных и чугунных тюбингов (основной элемент строения перегонного тоннеля) на вагонетки в тоннель;
9. Подача бетонных опорных блоков крепления рельсового пути;
10. Подъем, транспортировка и выгрузка вагонеток с горной породой в рудный двор.

При возведении станций Минского метрополитена в основном используются козловые краны КК-К-20-А3-25-5,7/5,8-9-0,125-0,63-0,8 (рисунок 1) производства ОАО «Строймаш», (Республика Беларусь).



Рисунок 1 – Козловые краны КК-К-20 на строительстве 1 участка 3 линии Минского метрополитена

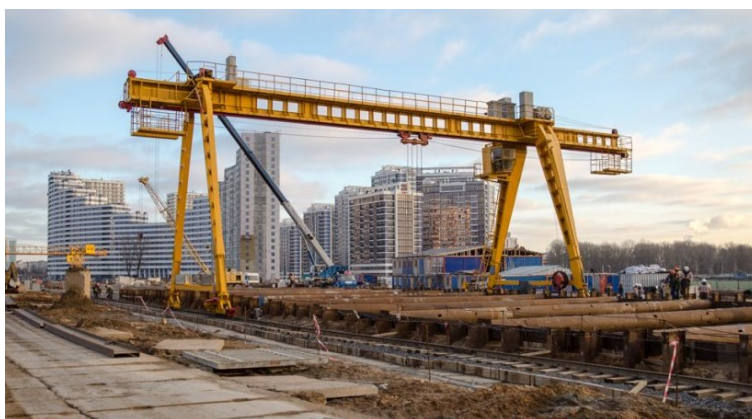


Рисунок 2 – Козловой кран КК-К-20 при строительстве 2 участка 3 линии Минского метрополитена

Металлоконструкцию крана образуют мост, жесткая и гибкая опоры. Стойки опор соединены между собой при помощи стяжек (рисунок 3).



Рисунок 3 – Общее устройство козлового крана КК-К-20

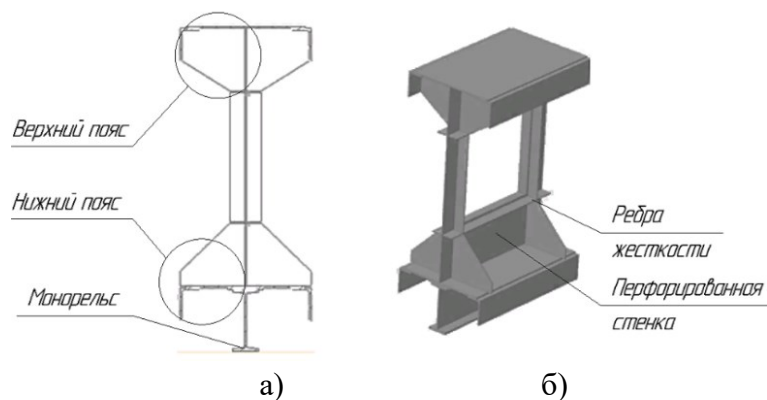
Основные технические характеристики козлового крана КК-К-20 приведены в таблице 1.

Поперечное сечение моста крана КК-К-20 (рисунок 4, а) - одностенчатое, с верхним поясом из двух уголков 160х100х10 мм и листа толщиной 8 мм, с нижним поясом из двух уголков 160х100х10 мм и листа толщиной 10 мм и перфорированной вертикальной стенкой толщиной 6 мм. К нижнему поясу приварен лист толщиной 8 мм и шириной 180 мм. К секциям нижней части моста болтами крепятся секции монорельса грузовой тележки.

Таблица 1 – Технические характеристики козлового крана КК-К-20

| Технические характеристики | Значение параметра |
|--|--------------------|
| Грузоподъемность крана, т, не более | 20 |
| Максимальная высота подъема, м, не более | 10 |
| Максимальная глубина опускания крюка от уровня головки рельса, м | 3 |
| Номинальная скорость, м/с: | |
| подъема груза: | 0,125 |
| передвижения грузовой тележки: | 0,63 |
| передвижения крана: | 0,8 |
| Преодолеваемый уклон пути, % | 0,3 |
| Группа классификации (режима) по ISO 4301/01: | |
| крана в целом: | A3 |
| механизмов: | M5 |
| Пролет крана (колея), м | 25 |
| Рабочий вылет консолей, м, не более | 5,7/5,8 |
| База крана (по осям тележек), м | 10,343 |
| Тип кранового рельса по ГОСТ 4121 | КР-70 |
| Тип электропитания крана: | кабельный |
| Напряжение, В | 380 |
| Масса, т | 48,5 |

Все элементы металлоконструкции крана изготовлены из конструкционной низколегированной стали 09Г2С ГОСТ 19281 [2]. Толщина основных элементов $S = 6$ мм. Механические свойства и химический состав данной стали приведены в таблице 2 [3,4].

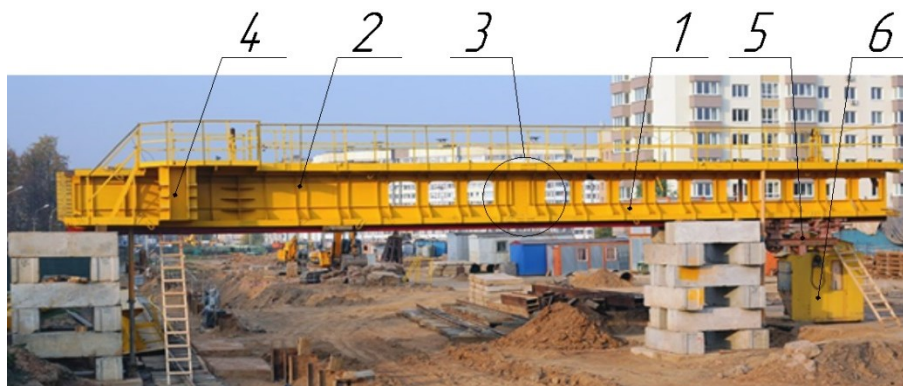


а) – сечение моста; б) – 3D - модель моста
Рисунок 4 – Поперечное сечение балки моста

Таблица 2 – Механические свойства и химический состав стали 09Г2С при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

| Сортамент | | | σ_B , МПа | σ_T , МПа | δ_p , % | КСУ, кДж/м ² | | |
|----------------------|-----------|-----------|------------------|------------------|----------------|-------------------------|--------|---------|
| Лист, ГОСТ 5520-79 | | | 430-490 | 265-345 | 21 | 590-640 | | |
| Трубы, ГОСТ 10705-80 | | | 490 | 343 | 20 | - | | |
| С | Si | Mn | Ni | S | P | N | Cu | As |
| до 0,12 | 0,5 – 0,8 | 1,3 – 1,7 | до 0,3 | до 0,04 | до 0,035 | до 0,008 | до 0,3 | до 0,08 |

На рисунке 5 показана сборка секций моста козлового крана.



1 – средняя секция; 2 – левая секция; 3 – стыковочный узел секций;
4 – узел крепления гибкой опоры;
5 – грузовая тележка; 6 – крановая кабина

Рисунок 5 – Сборка моста на месте установки козлового крана

Проведя анализ выпускаемых ведущими зарубежными фирмами конструкций козловых кранов [5-9] можно сделать следующие выводы:

- для изготовления большинства металлоконструкций используют марки стали 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД, 15 ХСНД и т.д.;

- металлоконструкции мостов в большинстве случаев выполняют в виде коробчатых прямоугольных балок, труб и ферм, что увеличивает металлоемкость конструкций. Наиболее целесообразно использовать конструкции из гнутых профилей и профилей овоидного сечения, что снижает концентрацию напряжений и металлоемкость конструкции;

- опоры козловых кранов выполняют в виде труб, коробчатых балок, конструкций в виде ферм из прокатного профиля (уголок, швеллер, трубы);

- многие краны г/п 10 тонн и более снабжаются механизмами подъема груза в виде тележки. Они имеют две лебедки: грузовую - на подъем груза и тяговую - на передвижение тележки. Эти механизмы требуют наличия направляющих роликов и обводных блоков, что значительно увеличивает общую металлоемкость крана.

Спроектированное нами сечение главной балки козлового крана более совершенной конструкции представлено на рисунке 6.

Поперечное сечение – одностенчатое, с верхним поясом, состоящим из верхнего корытного профиля и двух гнутых профилей, сваренных между собой. Нижний пояс представляет собой нижний корытный профиль, сверху на который привариваются два Г-образных гнутых профиля, усиленных снизу подпорными листами. Верхний и нижний пояса соединены между собой при помощи вертикальной перфорированной стенки, укрепленной вертикальными гнутыми профилями.

К нижнему поясу моста электродуговой сваркой и электрозаклепками привариваются секции монорельса – двутавр №30 Б2 ГОСТ 19281 [2].

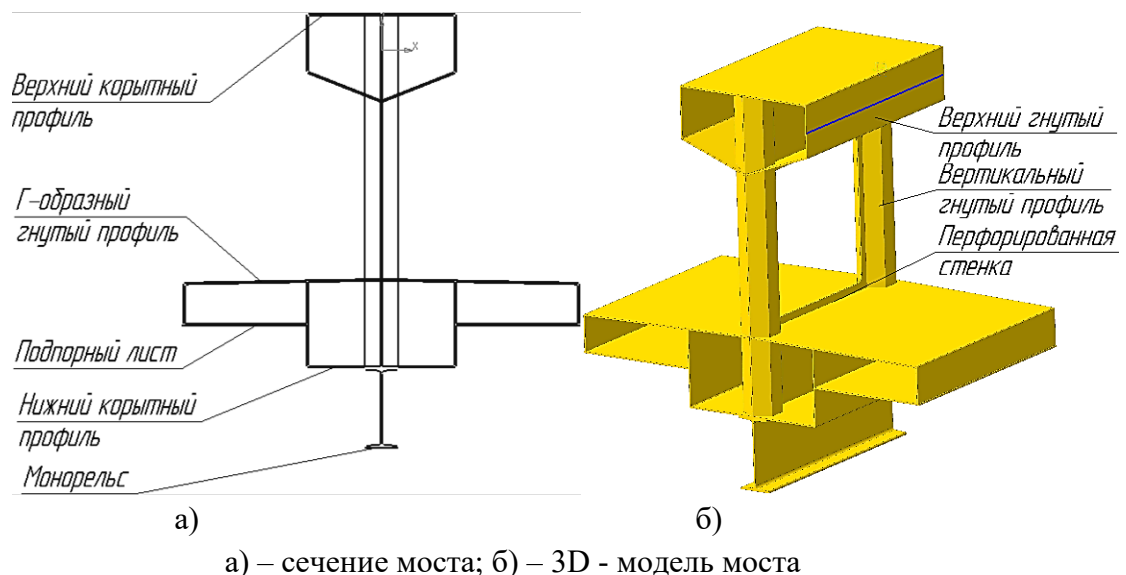


Рисунок 6 – Новое спроектированное сечение главной балки козлового крана

Снижения массы металлоконструкции козлового крана можно достичь за счет применения высокопрочных сталей. Предлагается использовать для изготовления металлоконструкции крана низколегированную сталь Weldox 700E, SSAB (Швеция), механические свойства которого приведены в таблице 3.

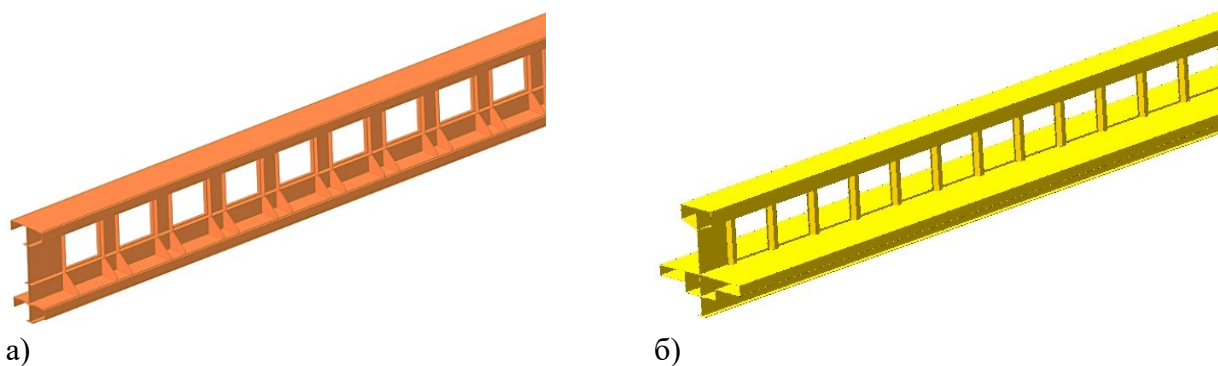
Сегодня износостойкий листовой прокат Weldox используется для производства конструкций, которые берут на себя несущие функции, а значит должны быть максимально прочными. Из данного проката изготавливаются ковши роторных экскаваторов, погрузочные ковшы, подъемные краны, прицепы [10].

Таблица 3 – Механические свойства высокопрочной стали Weldox 700E [11]

| Марка стали, фирма-изготовитель (страна) | Толщина листа, мм | Предел текучести (min) | Предел прочности | Относительное удлинение, % | Ударная вязкость (KCV), Дж/см ² , при температуре испытания | | Технические условия |
|--|-------------------|------------------------|------------------|----------------------------|--|--------|-------------------------|
| | | | | | -40 °C | -60 °C | |
| Weldox 700E SSAB (Швеция) | 5-20 | 700 | 780-930 | 14 | 27 | - | ТУ4835022-04637473-2010 |

Применение данной стали взамен стали 09Г2С даст возможность уменьшить габаритные размеры сечения главной балки.

При помощи САПР КОМПАС 3D были построены 3D модели средней секции главной балки козлового крана длиной 11 метров (рисунок 7), вычислены их массо-центровые характеристики и площадь поперечного сечения балки.



а) – конструкции ОАО «Строймаш»; б) – новой конструкции
Рисунок 7 – 3D-модели средней секции главной балки

Результаты расчетов массо-центровых характеристик моделей представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов массо-центровых характеристик моделей

| Массо-центровые характеристики модели средней балки моста: | Конструкции ОАО «Строймаш» (г. Минск) | Новой конструкции |
|--|---------------------------------------|-------------------|
| Заданные параметры: | | |
| Материал | Сталь 09Г2С, ГОСТ 19281-89 | Сталь Weldom 700E |
| Плотность материала, ρ , кг/см ³ | 0.007850 | 0.007840 |
| Расчетные параметры: | | |
| Масса m , кг | 3963,17 | 3471,81 |
| Площадь S , см ² | 944140,36 | 1697265,27 |
| Объем V , см ³ | 442269,74 | 533218,22 |

Литература:

1. Степанов М.А., Степанов С.Н. Обоснование выбора сечений коробчатых стрел стреловых самоходных кранов // Механизация строительства, 2008, №3, с. 46 – 47.
2. ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
3. Алахверди А.А. О применении в конструкциях уникальных сооружений проката современного производства // Промышленное и гражданское строительство, 2009, №9, с. 28 - 29.
4. Лист холоднокатаный – ГОСТ и общие сведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ut-market.ru/>. – Дата доступа: 23.04.2020.
5. Виды козловых кранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cranez.ru/>. –Дата доступа: 23.04.2020.
6. КОЗЛОВОЙ КРАН КК 25 Т [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vmtexnik.ru/>. –Дата доступа: 23.04.2020.
7. Однобалочный козловой кран (с коробчатой пролетной балкой и решетчатыми стойками) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shheavycrane.ru/>. – Дата доступа: 23.04.2020.
8. VIRA INDUSTRIAL ENGINEERING - Проекты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kran.spb.ru/>. – Дата доступа: 23.04.2020.
9. Стрелюхин М.И., Южаков Р.В. Опыт проектирования козлового крана ООО «Вертикаль», г. Саратов, Россия // Проблемы и инновации в области механизации и технологий в строительных и дорожных отраслях, 2015, №1, с. 86-89.
10. Конструкционная сталь weldox [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://b-steel.kz/>. – Дата доступа: 23.04.2020.
11. Гехт А.Х. О применении высокопрочных сталей для краностроения // Строительные и дорожные машины, 2014, №4, с. 23 - 26.