

УДК 69.057.44

**О. М. ПЕТРОСЯН, В. В. ГОЗУЛОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **РАЗВИТИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В статье излагается практический опыт выполнения строительно-монтажных работ установки очистки коксового газа от сероводорода раствором моноэтаноламина. Приведены организационно-технологические решения, использованные при возведении объектов. Дается краткая характеристика монтажных работ по установке конструкций и технологического оборудования. Рассмотрено применение узлового метода строительства при реконструкции. Приведен сетевой график строительства.

**сетевой график, продолжительность строительства, поузловой метод, реконструкция, монтажные работы, этапы работ**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Внедрение проектных решений и методов выполнения строительно-монтажных работ в процессе реконструкции производственных мощностей ПАО ЯКХЗ г. Макеевка потребовало развития существующих организационно-технологических методов и способов монтажа металлоконструкций и технологического оборудования.

Реализация предложенного подхода была осуществлена при строительстве установки очистки коксового газа от сероводорода раствором моноэтаноламина (МЭА) в условиях действующего производства.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Анализ работы строительно-монтажных организаций, осуществляющих промышленное строительство, показывает отсутствие достаточного опыта для строительства нетиповых зданий и сооружений. Это может быть связано с ограниченным количеством программ реконструкции промышленных и производственных объектов, реализуемых в последние годы. При проектировании организации и технологии строительства обязательным должно стать изучение опыта строительства подобных объектов.

### **ЦЕЛИ**

На основании анализа имеющегося практического опыта реконструкции производственных объектов можно сформулировать некоторые рекомендации по возведению сооружений коксохимического производства.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Заказчиком строительства выступило ПрАО «Донецксталь – металлургический завод», эксплуатирующей организацией – ПАО «Ясиновский коксохимический завод», генподрядной организацией – ООО «Мактраст». Подрядными организациями были: ООО «Стальконструкция» (монтаж

© О. М. Петросян, В. В. Гозулов, 2015

металлоконструкций, технологического оборудования и трубопроводов), ООО «Промстрой-1» (общестроительные работы), ОАО «Донбасспромэлектромонтаж» (электромонтажные работы), ООО «Укрпромавтоматика» (монтаж КИПиА), ООО «Химзащита» (антикоррозионные работы).

Для комплексного выполнения строительно-монтажных работ и ввода в эксплуатацию установок очистки коксового газа в минимально возможные сроки объект строительства был разделен на конструктивно и технологически обособленные части, связанные между собой технологическими зависимостями [1]. Это также позволило сократить остановочный период цеха сероочистки до 18 суток.

Состав и границы узлов приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Фрагменты узлов строительства

№ п/п	Наименование узла	Состав узла	Размеры в осях
1	Корпус 308/1. Узел регенерации раствора МЭА	Фундаменты, колонны, опорные стойки, обслуживающие площадки и лестницы, монолитное днище, подвесной кран, технологическое оборудование и трубопроводы, антикоррозионные работы	19,0×26,5 м, высота – 23,2 м
2	Корпус 308/2. Блок подсобно-производ. помещений	Фундаменты здания, монтаж конструкций, устройство кровли, отделка	12,0×12,0 м
3	Корпус 308/4. Сливно-наливная железно-дорожная эстакада	Фундаменты, опорные стойки, обслуживающие площадки и лестницы, ж.д. пути, монолитный ж/поддон	15,1×6,3 м
4	Корпус 308/5. Насосная склада реагентов	Фундаменты здания, монтаж конструкций, устройство кровли	14,5×6,0 м
5	Корпус 308/6. Склад реагентов	Фундаменты, колонны, опорные стойки, обслуживающие площадки и лестницы, резервуары 1–5	26,0×10,5 м
6	Технологическое оборудование корпусов 308/4, 5, 6	Технологическое оборудование и трубопроводы, запорная арматура, установка насосов, КИПиА	
7	Корпус 304/1. Узел улавливания	Фундаменты, монолитный ж/поддон, резервуары 1–4, гидрозатвор, технологические трубопроводы и запорная арматура	в плане – 29,0×14,0 м
8	Техн. трубопроводы, паропровод Ду 300	Технолог. трубопроводы и паропровод 325×8, фундаменты, колонны и стойки	длина в плане 127,3 м

Календарный план строительства разрабатывался в два этапа. На первом этапе, руководствуясь данными рабочего проекта и принципиальными решениями проектов производства работ по возведению производственных корпусов, был разработан поузловой сетевой график строительства. На втором этапе, на основе утвержденных директивных сроков, составлялись графики работ для каждого объекта в составе ППР. После оптимизации сетевого графика по трудовым ресурсам, его корректировки (из условия минимальной продолжительности остановки работы цехов ПАО ЯКХЗ) и уточнения производственных мощностей подрядных организаций общая продолжительность строительства составила 286 рабочих дней (рисунок). При проектировании сетевого графика выявилось, что работами, определяющими продолжительность строительства, являются строительно-монтажные работы по возведению корпуса 308/1 узла регенерации раствора МЭА. Сроки ввода в эксплуатацию других корпусов зависели от монтажных работ корпуса 308/1, лежащих на критическом пути. По согласованию с заказчиком и генподрядной организацией также был разработан график финансирования объектов строительства. Продолжительность строительства по отдельным узлам представлена в таблице 2.

ППР разрабатывались генподрядной организацией в соответствии с [2] и согласовывались со службами заказчика, эксплуатирующей организации и непосредственными производителями работ. В качестве исходных данных использовалась рабочая документация Днепродзержинского филиала «Центра химтехнологий АИНУ» и чертежи КМД ОАО «Конструкция».

Строительство велось в условиях работающего производственного оборудования цехов сероочистки и улавливания.



**Таблица 2** – Продолжительности выполнения работ по узлам строительства

№ п/п	Наименование узла	Продолжительность
1	Корпус 308/1. Узел регенерации раствора МЭА	286 дн.
2	Корпус 308/2. Блок подсобно-производственных помещений	
3	Корпус 308/4. Сливно-наливная железно-дорожная эстакада	37 дн.
4	Корпус 308/5. Насосная склада реагентов	134 дн.
5	Корпус 308/6. Склад реагентов	152 дн.
6	Технологическое оборудование корпусов 308/4, 5, 6	177 дн.
7	Корпус 304/1. Узел улавливания	177 дн.
8	Технологические трубопроводы и паропровод Ду 300	160 дн.

В статье приведены особенности выполнения строительно-монтажных работ некоторых узлов строительства.

Корпус 308/1 «Узел регенерации раствора МЭА». Строительство этого узла выполнялось тремя захватками в четыре этапа. Границы захваток были распределены следующим образом:

1-я захватка: участок между рядами «в» – «А» в осях I–2;

2-я захватка: участок между рядами «Б» – «в» в осях 2–I;

3-я захватка: участок между рядами «Б» – «А» в осях 1–I.

Работы по возведению сооружения выполнялись в такой последовательности:

I этап – устройство фундаментов по захваткам и их обратная засыпка;

II этап – монтаж металлоконструкций и технологического оборудования узла регенерации раствора МЭА;

III этап – монтаж технологических трубопроводов, запорной арматуры, покраска и теплоизоляционные работы. На этом же этапе работ выполнялись гидравлические и пневматические испытания трубопроводов и оборудования;

IV этап – устройство железобетонного поддона, облицовка его плиткой, устройство отмостки и благоустройство территории.

До начала монтажных работ был выполнен этап подготовительных работ, который включал:

1) подготовку площадок для рабочих стоянок грузоподъемного крана;

2) разборку и обратную засыпку доменным отвальным шлаком существующего тоннеля у корпуса 308/1 и колодца между строящимися корпусами;

3) подготовку площадки для укрупнительной сборки и временного складирования металлоконструкций;

4) устройство временной дороги между корпусами 308/1 и 308/2;

5) прокладку временных сетей электро- и водоснабжения для нужд строительства, согласованных с цехом серочистки.

Монтаж металлоконструкций корпуса выполнялся краном РДК-25 со стрелой длиной 27,5 м с жестким гуськом 5 м, а монтаж оборудования краном СКГ-40/63 в башенно-стреловом исполнении с башней высотой 25 м и стрелой длиной 10,5 м. Доставка металлоконструкций к месту монтажа и сборки выполнялась автотранспортом.

Из-за стесненных условий выполнения строительно-монтажных работ было принято решение смонтировать в первую очередь регенератор К-2 и его опорные конструкции на 1-й захватке. Учитывая общие габариты регенератора (диаметр – 2 200 мм, высота – 22 850 мм), он был разделен на три части (отправочные марки).

Сначала монтировались блоки колонн, балок, связей и обслуживающих площадок до отметки +12.200, затем устанавливалась нижняя часть регенератора (масса отправочной марки-7 т, высота – 12,5 м). На верху смонтированной первой отправочной марки регенератора приваривались «ловушки» для обеспечения центровки со следующей монтируемой частью. После этого наращивались до необходимой отметки монтажного горизонта опорные колонны и блоки металлоконструкций и монтировалась средняя часть регенератора. На расстоянии 1,5 м ниже верхней кромки средней части регенератора приваривались карманы и навешивались кольцевые подмости, с которых были выполнены работы по монтажу и стыковке верхней и средней частей регенератора.

С тех же крановых стоянок, которые были отведены под монтаж конструкций регенератора, была выполнена установка и наращивание необходимых колонн, опор и блоков металлоконструкций для установки технологического оборудования на первой захватке до отметок +8.400 и +2.000. Это были

два кипятильника (вес – 5,66 т, диаметр – 1 000 мм, высота – 5 600 мм) и отделители (вес – 0,45 т, диаметр – 900 мм, высота – 2 300 мм).

После монтажа регенератора К-2, кипятильников Т-6/1 и Т-6/2, отделителей парового конденсата С-7/1 и С-7/2 была выполнена обвязка технологическими трубопроводами, гидравлические испытания генератора на давление 1,02 кгс/см<sup>2</sup> и теплоизоляционные работы.

На второй и третьей захватках корпуса 308/1 выполнялся монтаж отдельных элементов и плоских укрупненных блоков Бл. 1 – Бл. 3, которые состояли из колонн, опорных балок и связей между ними. Подъем блоков выполнялся с навешенными и закрепленными навесными лестницами и закрепленными расчалками. Перед подъемом укрупненные блоки раскреплялись временными связями из уголка 75×5. После установки блоки временно закреплялись уголком 90×6 в двух уровнях за стойки обслуживающих площадок регенератора с одной стороны и с другой стороны – расчалками из стального каната диаметром 11,5 мм с фаркопами, закрепленными за анкерные болты фундаментов. Вертикальность установки блоков контролировались теодолитом и предварительно навешенным на нем отвесом.

По мере наращивания опорных конструкций на второй и третьей захватках корпуса 308/1, выполнялся монтаж обслуживающих площадок и технологического оборудования на проектных ярусах. Так, холодильники Т-9/1 и Т-9/2 монтировались на отметке +1.100, теплообменники Т-8/1,2,3,4 – на отметках +3.600 и +6.100, конденсаторы-холодильники Т-4/1,2,3,4 – на отметках +9.100 и +12.000. После выверки и закрепления указанного оборудования в проектное положение, выполнялся монтаж запорной арматуры на патрубках.

Закрепление балок под обслуживающие площадки на отметках +2.500, 5.300, 7.800, 10.800 и 13.200 между осями I-III по ряду «в» и «д», а также балок под обслуживающие площадки отметок +3.600, 6.100, 9.100 и 12.000 между укрупненным блоком и опорной стойкой выполнялся с навесных люлек.

Учитывая стесненные условия строительной площадки, был выполнен монтаж колонны отмывки кислых газов, смоловыделителя и емкостей свежего раствора МЭА в осях «Б»–«е» перед монтажом металлоконструкций этажерки и оборудования в осях «д»–«в». Монтаж оборудования 2-й захватки выполнялся краном СКГ-40/63 БСО с башней высотой 25 м и стрелой длиной 10,5 м на вылетах стрелы от 6,5 м до 10,5 м.

Из-за сложных условий строительной площадки и совмещения работ по вертикали в соответствии с требованиями [3] и [4] был разработан план совместных мероприятий при производстве монтажных работ.

Корпус 304/1 «Узел улавливания». Строительство узла «Узел улавливания» предусматривало возведение трех емкостей насыщенного раствора МЭА и резервной емкости  $V = 75 \text{ м}^3$ , установку гидрозатвора Х-3 и устройство железобетонного поддона под резервуарами.

Строительная площадка корпуса 304/1 была ограничена со всех сторон конструкциями скруббера, конструкциями насосной регенерации и ВОЦ, работающим технологическим оборудованием отделения 308 и внутризаводской автодорогой. Кроме этого, вплотную к площадке примыкала эстакада с действующими газопроводами, расположенными на отметке +8.000. Такие условия выполнения работ ограничивали маневрирование грузоподъемных кранов и использование монтажных механизмов. Поэтому, чтобы соблюсти требования [5] и разгрузить строительную площадку, сборка емкости выполнялась на укрупнительной площадке, расположенной за автодорогой.

Перед строительством было разработано два варианта выполнения монтажных работ: сборка на проектом фундаменте с использованием лебедки и сборка цапгами на специальной площадке с последующим монтажом краном. Исходя из максимальной эксплуатационной производительности применяемых средств механизации, уменьшения потерь рабочего времени и безопасного выполнения работ, был выбран монтаж емкости цапгами в три яруса.

До начала производства основных монтажных работ необходимо было выполнить следующие подготовительные работы:

- очистить площадку строящегося корпуса;
- разобрать существующий фундамент и срезать анкерные болты демонтированного скруббера;
- демонтировать существующий резервуар  $V = 75 \text{ м}^3$  (работа выполнялась заводскими службами);
- подготовить площадку размером 10×18 м для сборки цапг резервной емкости;
- спланировать площадку рабочей стоянки крана.

Работы выполнялись в четыре этапа:

I этап – наращивание фундамента под резервную емкость, устройство фундаментов под емкости для насыщенного раствора МЭА (Е-16/1,2,3) и гидрозатвор Х-3;

II этап – монтаж резервной емкости, оборудования и обслуживающих площадок;

III этап – монтаж технологических трубопроводов, запорной арматуры, гидравлические и пневматические испытания, покраска;

IV этап – устройство поддона и благоустройство территории.

Сборка емкости выполнялась краном КС-2571 А1, монтаж емкости осуществлялся тремя подъемами краном РДК-25.1.

Корпус 308/6 «Склад реагентов» и корпус 308/5 «Насосная склада реагентов». Монтаж конструкций выполнялся в направлении от ряда «В» к ряду «Б». Работы начинались с монтажа площадок, лестниц и ограждений по оси 1, а затем – площадок по емкостям и оси 2.

Укрупнительная сборка блоков на площадке выполнялась одним каркасом, без приварки настила и ограждения, только на болтовых соединениях. Это было связано с тем, что работы велись у существующего склада с хранилищами, содержащими легковоспламеняющиеся и пожаровзрывоопасные вещества.

После монтажа стоек, площадок, лестниц и ограждения по оси 1 краном КС-3575 А1 монтировались опорные стойки и каркасы обслуживающих площадок емкостей № 1 и № 2. Затем у смонтированного участка металлоконструкций устанавливался защитный экран и выполнялись электросварочные работы по монтажу настила установленного каркаса, монтажу опор под технологические трубопроводы и ограждения.

После окончательного выполнения узлов и соединений согласно проекту, работы выполнялись на втором участке. Монтировались следующие укрупненные блоки на болтах по емкостям №№ 3, 4, 5 и укладывались листы настила на отметке +3.800. Затем производился монтаж остальных стоек на фундаментах и площадок по ним на болтах. Последовательно переставляя защитный экран, выполнялись монтажные и электросварочные работы, аналогичные работам на первом участке.

## ВЫВОДЫ

Комплексный подход выполнения работ по узлам строительства позволил обеспечить высокий уровень выполнения монтажа конструкций и технологического оборудования производственных корпусов цеха сероочистки, снизить трудоемкость и продолжительность строительства установки очистки коксового газа от сероводорода раствором моноэтаноламина.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лубенец, Г. К. Подготовка производства и оперативное управление строительством [Текст] / Г. К. Лубенец. – 3-е изд. – Киев : Будівельник, 1976. – 732 с.
2. ДБН А.3.1-5-2009. Державні будівельні норми України. Організація будівельного виробництва [Текст]. – На заміну ДБН А.3.1-5-96 «Організація будівельного виробництва» ; чинні з 2012-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 61 с.
3. ДБН А.3.2-2-2009. Державні будівельні норми України. Охорона праці і промислова безпека у будівництві [Текст]. Основні положення. – Уведено вперше зі скасуванням в Україні СНиП III-4-80\* «Техника безпеки в будівництві» ; чинні від 2012-04-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 116 с.
4. НПАОП 23.1-1.01-08. Правила безпеки в коксохімічному виробництві. [Текст]. – Введено зі скасуванням на території України НПАОП 23.1-1.01-81 «Правила безпеки в коксохімічному виробництві» ; чинні від 10.06.2008. – Київ : Держгірпромнагляд України, 2008. – 104 с.
5. НПАОП 0.00-1.01-07. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів [Текст]. – Введено зі скасуванням на території України НПАОП 0.00-1.03-02 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів» ; чинні від 01.09.2007. – Київ : Держгірпромнагляд України, 2007. – 262 с.

Получено 21.09.2015

О. М. ПЕТРОСЯН, В. В. ГОЗУЛОВ  
РОЗВИТОК ІСНУЮЧИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ  
ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ КОКСОХІМІЧНОГО  
ВИРОБНИЦТВА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті викладено виробничий досвід виконання будівельно-монтажних робіт установки очищення коксового газу від сірководню розчином моноетаноламіну (МЕА). Наведено організаційно-технологічні рішення, використані при зведенні об'єктів. Розглянуто застосування вузлового методу будівництва при реконструкції. Наведено мережевий графік будівництва.

**мережевий графік, тривалість будівництва, вузловий метод, реконструкція, монтажні роботи, етапи робіт**

OLEG PETROSIAN, VALERIY GOZULOV  
DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL METHODS  
IN THE RECONSTRUCTION OF INDUSTRIAL FACILITIES COKE  
PRODUCTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article deals with an overview practical experience of construction and erection works of clean machine of coking plant gas from hydrogen sulfide by solution of mono-ethanolamine. The organizational and technological solutions, which were used for building of facilities, have been given. Article contains a brief summary about installation work and project construction. The practice of nodal method has been considered. Network activities plan has been also given.

**PERT chart, duration of construction, construction time, nodal method, installation work, erection work**

**Петросян Олег Мурадович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

**Гозулов Валерій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: ізоляційні та бетонні роботи.

**Петросян Олег Мурадович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: реконструкция промышленных и гражданских зданий.

**Гозулов Валерий Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изоляционные и бетонные работы.

**Petrosian Oleg** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.

**Gozulov Valeriy** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: isolating and concrete works.