

СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БАШЕННОГО КОПРА КЛЕТЕВОГО СТВОЛА № 4 ШАХТЫ им. В.И. ЛЕНИНА (г. Макеевка) ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.М. Левин ^а, д.т.н., проф.; В.Н. Гулейчук ^б, к.т.н.; А.С. Волков ^а, к.т.н., доц;



*Левин
Виктор Матвеевич*



*Гулейчук Виктор
Николаевич*



*Волков
Андрей Сергеевич*

**Е.А. Дмитренко ^а,
к.т.н., доц.;**
**А.В. Недорезов ^а,
С.Н. Машталер ^а,
С.В. Шабельник ^а**

^а ГОУ ВПО «Донбасская
национальная академия
строительства
и архитектуры»

^б ГУ «Донгипрошахт»



*Дмитренко
Евгений Анатольевич*



*Недорезов Андрей
Владимирович*



*Машталер Сергей
Николаевич*



*Шабельник Сергей
Вячеславович*

Аннотация. Представлены результаты технического обследования строительных конструкций башенного копра клетьевого ствола № 4 шахты им. В.И. Ленина в г. Макеевке. Выполнен анализ конструктивных решений сооружения. Рассмотрены условия его эксплуатации за последние 59 лет, а также в условиях планируемого режима в составе водоотливного комплекса с погружными насосами. Описаны наиболее опасные дефекты и повреждения основных несущих конструкций и основные причины их появления. Представлены результаты определения прочности бетона в конструкциях. Даны общие выводы по результатам обследования.

Ключевые слова: башенный железобетонный копер, техническое состояние, дефекты и повреждения, агрессивная среда, переоборудование, капитальный ремонт, надежность.

ВВЕДЕНИЕ

Башенные железобетонные копры – основные, наиболее ответственные и дорогостоящие сооружения угледобывающих комплексов. Они предназначены для размещения подъемных машин для угля и породы и их вспомогательного оборудования, других элементов подъемных установок, оборудования выдачи поднятых ископаемых. Они являются элементами вентиляционной сети шахты [1,2,3].

В довоенный период в Донецкой области работало 37 шахт, сейчас добывают уголь с разной нагрузкой только 18. В 2014...2018 гг. на некоторых закрытых шахтах не производился водоотлив, что привело к существенному поднятию уровня шахтных вод, что в свою очередь может в последующем привести к экологической техногенной катастрофе. Именно поэтому актуален вопрос об организации водоотлива на этих шахтах и возможности использования башенных копров для этой цели. Предполагается для этого их переоборудование – демонтаж подъемных установок вместе с сопряженным с ними оборудованием и размещение в копре оборудования водоотлива. Естественно, это вызовет изменение напряженно-деформированного состояния конструкций копра; решение о возможности такого мероприятия невозможно принять без учета действительного состояния этих конструкций.

Ситуация усугубляется тем, что башенные копры большинства шахт работают уже 40...50 и более лет, что соответствует их нормативному сроку эксплуатации. Кроме того, в последние годы они не эксплуатируются и их плановые ремонты не проводятся. Для оценки их надежности после длительной работы и периода после выведения из эксплуатации необходимо обследование их технического состояния и эксплуатационной пригодности для обеспечения дальнейшей надежной эксплуатации.

В подобной ситуации находится железобетонный башенный копер клетьевого ствола № 4 шахты им. В.И. Ленина ГП «Макеевуголь» (г. Макеевка). Он служил для размещения клетевой подъемной установки и вспомогательного оборудования и представлял собой башенное сооружение высотой 56,7 м с размерами в плане в крайних осях 18,0×18,0 м с несущими наружными и внутренними монолитными железобетонными стенами. Толщина наружных стен – 300 мм в нижней зоне и 200 мм – в верхней. Стены образуют в плане девять ячеек, три – вдоль буквенных и три – вдоль цифровых осей. Через центральную ячейку (так называемую внутреннюю шахту) производится подъем ископаемого, спуск-подъем людей и грузов, подача свежей воздушной струи в шахту (при нормальной работе вентиляционной струи) и выброс воздуха в режиме ее реверсирования (во время подземного пожара). Внутренняя шахта имеет размеры в плане 5,0×6,5 м. Внутренние и наружные стены образуют единую монолитную складчатую систему многосвязного поперечного сечения. Перекрытия и покрытие образуют диски жесткости.

На отм. +0,000 м и +9,700 м располагаются монолитные железобетонные перекрытия балочного типа с монолитными железобетонными балками,

расположенными вдоль строительных осей, и монолитной плитой толщиной 100 мм. На отм. +17,200 м, +21,700 м, +26,300 м, +32,300 м, а также +40,700 м – монолитные железобетонные перекрытия толщиной 100 мм по стальным балкам из прокатных двутавров. Конструкции покрытия копра на отм. +53,000 м выполнены в виде монолитного железобетонного диска жесткости балочного типа с главными балками вдоль буквенных осей пролетом 18,000 м с размерами поперечного сечения 2,00×0,25 м. Общий вид башенного копра представлен на рис. 1.

На отм. +40,700 м установлена подъемная машина клетьевого подъема: МК-3,25×4. На отм. +32,300 м установлены отклоняющие шкивы подъемной машины. Также на перекрытиях установлено вспомогательное оборудование (компрессоры, маслостанции, воздухохранилища, аппаратура управления оборудованием и т. д.).

Указанный копер введен в эксплуатацию в 1968 г. и эксплуатировался по назначению до 2012 г.

В 2015...2018 гг. стал вопрос о частичном затоплении шахты до горизонта -250 м от поверхности земли, для чего необходимо переоборудование копра (демонтаж всего оборудования с устройством нового водоотливного комплекса с погружными насосами). При этом существенно изменяется режим эксплуатации сооружения, а также схемы приложения новых нагрузок от технологического оборудования.



Рис. 1. Общий вид башенного копра клетьевого ствола № 4 шахты им. В.И. Ленина ГП «Макеевуголь» в г. Макеевке

Все это существенно изменяет НДС сооружения в целом и требует проведения комплекса мероприятий по исследованию его действительного технического состояния после длительного периода эксплуатации (59 лет), а также обеспечения его надежной эксплуатации в составе водоотливного комплекса с погружными насосами в течение последующих 50 лет.

Исследование технического состояния основных строительных конструкций этого копра выполнялось специалистами СНПЦ «СВиС» ДонНАСА в марте-апреле 2017 г. Работы по оценке состояния конструкций копра выполнялись в 2 этапа: 1-й этап – выполнение обследования строительных конструкций башенного копра с выявлением основных дефектов и повреждений, их фотофиксацией, составлением схем дефектов и повреждений основных строительных конструкций, определение действительных размеров конструкций и схем их расположения, прочности бетона неразрушающими методами с применением приборов ГПНС-05 и молотка Кашкарова, а также армирования конструкций путем вскрытия отдельных наименее нагруженных участков (представлены в данной статье); 2-й этап – выполнение поверочного расчета пространственной расчетной схемы сооружения с учетом приложения новых технологических нагрузок, действительных геометрических размеров, а также прочности бетона и армирования конструкций, полученных на 1-м этапе.

Особое внимание при обследовании уделялось конструкциям фундаментов, особенно опорных балок, на которые опираются все внутренние стены и опирающиеся на них конструкции, а также зонам опирания опорных балок и балок машзала на несущие стены, на которые планировалось передавать нагрузки от нового оборудования водоотливного корпуса [1,2,3].

Существенное влияние на техническое состояние монолитных конструкций здания оказали дефекты конструкций, полученные в результате некачественного выполнения бетонных работ. В этой связи можно указать:

- дефектные швы бетонирования стен фундаментов и конструкций перекрытия;
- участки непровибрированного крупнопористого бетона (щебеночные гнезда глубиной до 70×100 мм);
- недостаточный защитный слой бетона в массивных конструкциях фундаментных стен и опорных балок перекрытия на отм. 0,000 м.

При дальнейшем развитии исходных дефектов и нарушения гидроизоляции стены фундаментов и узлов сопряжения с балками перекрытия появились протечки грунтовых вод. Это в дальнейшем привело к появлению участков с разрушениями защитного слоя бетона глубиной до 40 мм в местах протечек с обнажением и коррозионным износом рабочей арматуры до 30 % поперечного сечения (рис. 2, 3).



Рис. 2. Участки разрушения защитного слоя бетона глубиной до 40 мм в местах протечек грунтовых вод с обнажением и коррозионным износом рабочей арматуры до 30 % поперечного сечения в стенах фундаментов



Рис. 3. Протечки грунтовых вод в местах опирания монолитных балок перекрытия на отм. +0,000 м на стены фундаментов

При длительном периоде эксплуатации конструкций башенного копра (в течение 56 лет) неоднократно проводилась модернизация с заменой технологического оборудования, для установки которого и пропуска коммуникации выполнялась пробивка проемов в перекрытиях, стенах наружной и внутренней оболочек, что привело к появлению дополнительных мест концентрации и перераспределения напряжений.

Также протечки грунтовых и технологических вод, воздействие угольной пыли, которая, попадая в трещины и абсорбируя влагу, разлагается с выделением серной кислоты и органических кислот, приводят к интенсивной коррозии бетона и арматурной стали. Примером такой коррозии являются участки повреждений конструкций монолитных балок перекрытия на отм. +0,000 м с разрушением защитного слоя бетона на глубину до 40...50 мм, обнажением и коррозионным износом рабочей арматуры до 15...20 % поперечного сечения и до 100 % поперечного сечения поперечной (рис. 4).



Рис. 4. Коррозия железобетона конструкций монолитных балок перекрытия на отм. +0,000 м в результате воздействия воды с разрушением защитного слоя бетона на глубину до 40...50 мм, обнажением и коррозионным износом рабочей арматуры до 15 % поперечного сечения и до 100 % поперечного сечения поперечной арматуры

Существенное влияние на появление повреждений внутренней оболочки оказывает воздействие воды от брызг с канатов и водяных паров, которые оседают на поверхностях конструкций в виде конденсата, а также воздействия минерализированных вод с высоким содержанием сульфатов, хлоридов и др. [1,2,3]. При длительном воздействии данных факторов на поверхности конструкций это приводит к сульфатной коррозии бетона и коррозионному повреждению арматурной стали при длительной эксплуатации.

Выявлены также большие по площади участки с протеканием машинного масла трансформаторов



Рис. 5. Коррозия железобетона конструкций монолитных второстепенных балок перекрытия на отм. +0,000 м в результате воздействия воды и машинного масла

на конструкции плит и балок перекрытий, а также стены копра, которые содержат агрессивные компоненты и приводят к значительному снижению прочности бетона в конструкциях – до 20 % (рис. 5).

Отмечается, что в конструкциях башенных копров отсутствуют специальные конструктивные мероприятия по защите конструкций от вредных технологических факторов (гидроизоляции перекрытий, отвода технологической воды и машинного масла), которые могли бы обеспечить их нормальные условия при эксплуатации [1].

Металлоконструкции балок перекрытия и косозубов лестничных клеток за длительный период эксплуатации в агрессивной среде получили повреждения в виде разрушения защитных лакокрасочных покрытий до 70...100 % защищаемой поверхности с коррозией металлических балок, на отдельных участках – до 3...5 % поперечного сечения.

Кроме того, выявлены существенные повреждения конструкций кровли сооружения в виде повсеместных разрушений и вздутия верхних слоев кровельного рулонного покрытия, а также разрушений кровельного покрытия в узлах сопряжения с парапетными участками стен, что приводит к замачиванию конструкций покрытия.

Определение класса бетона в конструкциях башенного копра выполнялось с помощью неразрушающих методов контроля в соответствии с ГОСТ 22690-88 [5] (метод упругопластических деформаций и метод вырыва) с использованием соответственно молотка Кашкарова, а также с применением прибора ГПНС-5.

Обобщенные результаты натурных исследований прочности бетона в конструкциях фундаментов, балок перекрытия на отм. +0,000 м, стенах копра, балках покрытия представлены в табл. 1.

Результаты контроля прочности бетона в железобетонных конструкциях копра клетьевого ствола № 4 шахты им. В.И. Ленина ГП «Макеевуголь» неразрушающими методами показали, что в целом класс бетона по прочности превышает проектные значения в среднем на 23,8 %, а значения прочности, полученные методом вырыва, незначительно отличаются от значений результатов, полученных методом пластических деформаций.

ВЫВОДЫ

Существенное влияние на техническое состояние башенного копра оказали дефекты, полученные вследствие нарушения технологии бетонирования монолитных конструкций на отм. +0,000 м и ниже, а также последующего воздействия агрессивной среды эксплуатации.

Таблица 1. Обобщенные результаты определения прочности бетона в конструкциях копра

№ п/п	Наименование конструкции	Проектное значение прочности, МПа (марка)	Фактическое значение прочности, МПа (класс бетона)
1	Фундамент	28.9 (М300)	32.82 (В25)
2	Наружные стены		32.15 (В25)
3	Внутренние стены		33.72 (В25)
4	Перекрытия		37.28 (В30)
5	Опорные балки		39.91 (В30)

Несмотря на наличие повреждений экстремального характера, они в большинстве случаев имеют локальный характер и не влияют существенно на общую несущую способность сооружения на момент обследования.

Техническое состояние конструкций башенного копра клетьевого ствола № 4 шахты им. В.И. Ленина ГП «Макеевуголь» в г. Макеевке на период проведения обследования оценивается как **непригодное (3-я категория)** [6].

Для оценки несущей способности конструкций башенного копра в составе водоотливного комплекса необходимо выполнение расчета сооружения с учетом выявленных характеристик прочности бетона и армирования, а также указаний руководства по расчету башенных копров [2, 6, 7, 8].

Для приведения сооружения в состояние, пригодное для нормальной эксплуатации, необходимо выполнение капитального ремонта основных несущих и ограждающих конструкций по специально разработанному проекту.

Библиографический список

1. Андреев В.Е. Проектирование, строительство и эксплуатация башенных копров [Текст] – М.: Издательство «Недра», 1970.
2. Левин В.М. Башенные сооружения промышленного назначения. Исследования, расчет [Текст] – Макеевка: ДГАСА, 1999. – 230 с.
3. Научные основы обеспечения надежности и экономичности шахтных копров [Текст]: монография / Куценко В.Н., Левин В.М., Муцанов В.Ф. [и др.]; М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Донбасская нац. акад. стр-ва и архитектуры. – Макеевка: Донбасская нац. акад. стр-ва и архитектуры, 2012. – 461 с.
4. Бровман Я.В. Надшахтные копры [Текст]: (Проектирование, расчет и конструкция): [Учеб. пособие для студентов горных вузов и фак.]. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 239 с.
5. ГОСТ 22690-88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М.: ОАО «НИЦ «Строительство», 2015.
6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18-2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану». – Київ. – ДП «Укр НДНЦ». – 2017.
7. Расчет башенных сооружений для многоканатных шахтных подъемов [Текст] / А.С. Поверский, И.Я. Нежурко, Л.П. Макаренко и др.; Гос. ком. по делам строительства. Донецкий промстройиниипроект. – М.: Стройиздат, 1967. – 239 с.
8. Руководство по расчету башенных копров угольных и рудных шахт [Текст] / Донецкий ПромстройНИИпроект. – М.: Стройиздат, 1975.