

**С.К. Кожасов<sup>1</sup>, Т.А. Толкынбаев<sup>2</sup>, Ш.Б. Толеубаева<sup>2,\*</sup>,  
А.К. Қожас<sup>2</sup>, А.Т. Мухамеджанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахстанский многопрофильный институт реконструкции, Караганда, Казахстан,

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

**Информация об авторах:**

Кожасов Сарсенбек Кенжебекович – научный сотрудник, Казахстанский многопрофильный институт реконструкции, Караганда, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-5694-1905>, e-mail: doublesjani150@gmail.com

Толкынбаев Темирхан Анапияевич – доктор технических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-8549-3064>, e-mail: temtol1961@mail.ru

Толеубаева Шамшыгайын Болаткызы – PhD, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-8044-5346>, e-mail: shamshygaiyn@mail.ru

Қожас Айгүл Кенжебекқызы – кандидат технических наук, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-5039-9529>, e-mail: kozhas@bk.ru

Мухамеджанова Асель Толеубековна – PhD, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-5084-2527>, e-mail: assel.84@list.ru

\*Автор корреспондент: shamshygaiyn@mail.ru

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ ЦЕХА ТЯЖЕЛЫХ СУСПЕНЗИЙ ПОСЛЕ ПОЖАРА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ**

**Аннотация.** Произведена оценка технического состояния основных несущих строительных конструкций здания цеха тяжелых суспензий. При обследовании здания цеха основное внимание уделено оперативному выявлению несущих конструкций, находящиеся в аварийном, либо предаварийном состоянии. Установлены главные причины возгорания несущих конструкций. Сильная степень повреждения металлоконструкций определена их сильными деформациями, разрывами элементов в узлах ферм и соединений их с прогонами, разрывом направляющих пульпопровода, искривлением прогонов, стенок колонн и разрушение защитного покрытия. Для восстановления эксплуатационной пригодности дефектных и поврежденных металлоконструкций предложены рекомендации по их восстановлению.

**Ключевые слова:** суспензия, обследование, металлические конструкции, повреждение, фермы, прогоны, связи.

### **Введение**

При возведении промышленных зданий и сооружений металлоконструкции практически незаменимы. Металлоконструкции обладают достаточной легкостью, возводятся в короткие сроки по сравнению с железобетонными конструкциями, надежны. Однако, основным недостатком зданий с металлическим каркасом является их высокая чувствительность и неспособность в течение длительного времени выдерживать воздействие высоких температур, возникающих внутри здания при пожаре [1, 2].

Основными дефектами при тепловом воздействии, возникающем вследствие пожара на конструкционные металлы — деформации; образование окислов на поверхности металла; изменение физико-химических и механических свойств; растворение металла в металле; расплавление и проплавление; горение металла (сплава).

В результате пожара строящегося здания Цеха тяжелых суспензий (ЦТС) АО «Жайремского ГОКа» (Казахстан) сотрудниками института КазМИРР проведена оценка технического состояния основных несущих строительных конструкций.

В процессе общего (сплошного) обследования Объекта основное внимание уделено оперативному выявлению несущих конструкций и их сопряжений, находящиеся в аварийном, либо предаварийном состоянии и требующих принятия неотложных мер по их временному креплению, обеспечению безопасных условий для пребывания людей в зоне их расположения.

### Материалы и методы

Здание цеха тяжелых суспензий (ЦТС) с размерами в осях 36х63м и высотой до низа ферм 40 м, решено в стальном рамно-связевом каркасе, с шагом поперечных рам 6 м и 9 м (рис. 1). Здание оборудовано мостовым краном грузоподъемностью 40 т.



Рисунок 1 – Общий вид фасада здания в осях 15, А-К

Поперечные рамы образованы ступенчатыми колоннами с шарнирным опиранием на них стропильных ферм.

Устойчивость каркаса обеспечивается жестким креплением колонн к фундаментам в поперечниках, вертикальными связями и распорками по колоннам в продольных рамах, а также горизонтальными и вертикальными связями покрытия, образующими в покрытии диск.

За условную отметку 0,000 принят уровень чистого пола, что соответствует абсолютной отметке +393,00 на генплане.

Наружные стены цеха тяжелых суспензий (ЦТС) выполнены из панелей типа «Сэндвич» толщиной 100 мм по металлическим конструкциям.

Внутренние площадки, лестницы и ограждения металлические.

Крыша здания ЦТС – совмещенная, двускатная. Кровля выполнена из панелей типа «Сэндвич» толщиной 150 мм по металлическим конструкциям.

По версии специалиста пожарной лаборатории очаг пожара возник на рабочей площадке на отметке +18.000 ряда G-E в осях 14-15 в результате возгорания пульпопровода, изготовленного компанией «Composit», и в дальнейшем получил распространение на производственное оборудование, размещенное в цехе, строительные конструкции и другие горючие материалы.

Очаг пожара находился на отметке +18.000 ряда G-E в осях 14-15, о чем свидетельствуют полное выгорание полимерно-резиновых частей пульпопровода, резинового гуммированного покрытия магнитных сепараторов, лакокрасочного покрытия металлических конструкций с образованием высокотемпературных окислов на их поверхности.

По всем признакам пожар носил характер направленности горения, при этом максимальная температура помещения от ряда H до ряда K, находилась в диапазоне от 200 °C до 600 °C по восходящей от оси 14-15/G-E отм. +18.000 до оси 14-15/K отм. +41.350. Максимальная температура воздействия на конструкции стропильных ферм величиной 800 °C в осях 9-15/ K- I была достигнута факелом огня за счет временного отражения (пока не прогорели ограждающие конструкции – сэндвич-панели кровли и стены) огня от металла сэндвич-панелей на металл верхних поясов ферм и прогонов.

### **Результаты и обсуждение**

Осмотр зоны пожара и здания цеха в целом на предмет оценки степени повреждения конструкций приводит к следующему выводу:

– аварийная и сильная степень повреждения стальных конструкций, по классификации СП 329.1325800.2017 [3] наблюдается у строительных конструкций, расположенных в осях 9-15/K-I, начиная с отметки +18.00 и до кровельного покрытия.

Данная степень установлена ввиду наличия следующих критических показателей:

– основные элементы металлоконструкций сильно деформированы – это раскосы и пояса ферм, прогоны, связи (рис. 2, 3);

– наличие разрывов в узлах ферм и в соединениях ферм с прогонами (рис. 2, 3);

– разрыв по всему сечению – оторваны направляющие пульпопровода (рис. 6);

– искривление на большой длине – все прогоны имеют искривления (прогибы) по всей длине в плоскости наибольшего момента инерции, при этом величины прогибов – симметричны относительно оси эпицентра пожара;

– поверхности конструкций покрыты толстым слоем окалины – данного критерия визуально не наблюдается ввиду наличия копоти на поверхности конструкций.

В результате геодезической контрольной съемки колонн на отм. 0.000...+36.000 установлено максимальное отклонение на колонне К-15, J = 20 мм, что не превышает допустимое значение согласно СП РК 5.03-107-2013 г. «Несущие и ограждающие конструкции» (табл. 15, пункт 4). Допуск 20 мм [4].

В результате геодезической съемки пролетных строений (ферм) Объекта, прогиб превышающий допуск, обнаружен на ферме ФС-8 = -133 мм, что превышает допустимое значение (120 мм; СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия) [5].

В результате геодезической съемки пролетных строений (подкрановых балок) объекта прогибы не обнаружены.



Рисунок 2 – Конструкции покрытия в осях 9-15/К-І. Недопустимые деформации верхних поясов ферм, прогонов, связей

Анализ результатов геодезической съемки пролетных строений показал, что максимальная величина прогиба составляет 8 мм и не превышает допустимое отклонение (30 мм; СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия).

В процессе экспертного обследования техническое состояние нижних участков колонн на участке здания в осях «9-15, А-К» и в осях «1-9, А-Е; 15-23, А-Д/1» в пределах отметок +0.00 до отм.+35.600 с учетом выявленных незначительных повреждений (следы нагара на поверхности конструкций; отслаивающийся местами слой огнезащитного покрытия; частичное изменение цвета защитного покрытия, наличие копоти) по отдельным колоннам вследствие теплового воздействия пожара, оценено по категории 1 (работоспособная стальная конструкция).

В результате распространения пожара на более высоких отметках, повреждения имеют более выраженный характер и охватывают большее количество обследуемых колонн. Техническое состояние верхних частей колонн на участке здания в осях «9-15, А-К» по оси «9» по рядам «В», «F», «G», «I», «J»; а также по оси «15» по рядам «В», «E», «F», «G», «H», «I» в пределах отм. +36.680 (на 300 мм выше уровня отметки верха подкрановой балки) до отм. +39.850 оценено по категории 3 (аварийное состояние стальной конструкции). Такая оценка

дана вследствие значительных деформаций в виде искривления стенок на величину в пределах 5-22 мм, полного разрушения защитного покрытия.

Требуется замена конструкций, оцененных по категории 3 (аварийное состояние стальной конструкции) согласно рабочему проекту. По конструкциям, оцененных по категории 1 (работоспособная стальная конструкция), с наличием незначительных повреждений, выполнить ремонт с восстановлением защитного покрытия согласно требованиям действующих норм.



Рисунок 3 – Фахверковая колонна в оси 9-15/К. Искривление колонны

На момент обследования конструкций частичные повреждения в результате пожара получили колонны фахверка, при этом значительные повреждения имеют конструкции на участке здания по ряду «К» в пределах отм. +30.300 до отм. +39.800, а именно: недопустимые повреждения в виде деформации основных элементов по большой длине, толстого слоя окалины (рис. 4).



Рисунок 4 – Фахверковые колонны по ряду «К» в осях «10-14» с уровня площадки на отм. +30.300 до отм. +39.800

Согласно результатам обследования, техническое состояние конструкций колонн фахверка на участке здания по ряду «К» в пределах отм. +30.300 до отм.+39.800 оценено по категории 3 (аварийное состояние стальной конструкции). Требуется демонтаж данных конструкций на участке в пределах указанных отметок по ряду «К».

В ходе проведения обследования металлических стоек технологических площадок на участке в осях «10, F» с отм. +14.500 до отм. +30.000 установлены недопустимые повреждения в виде деформации основных элементов по большой длине, толстого слоя окалины. Согласно результатам обследования, техническое состояние конструкции металлической стойки на участке в осях «10, F» с отм. +14.500 до отм. +30.000 оценено по категории 3 (аварийное состояние стальной конструкции). Требуется демонтаж данной конструкции в пределах указанных отметок.

Техническое состояние подкрановых балок оценено по категории 2 (ограниченно работоспособная стальная конструкция). Такая оценка дана с учетом характерных дефектов болтовых соединений нижних поясов подкрановых балок и нижних частей колонн, а именно: непроектные размеры отверстий под болты, несоосность болтов и отверстий по центрам, наклонность осей болтов, неравномерность стыков шайб с элементами нижнего пояса балок (рис. 5).

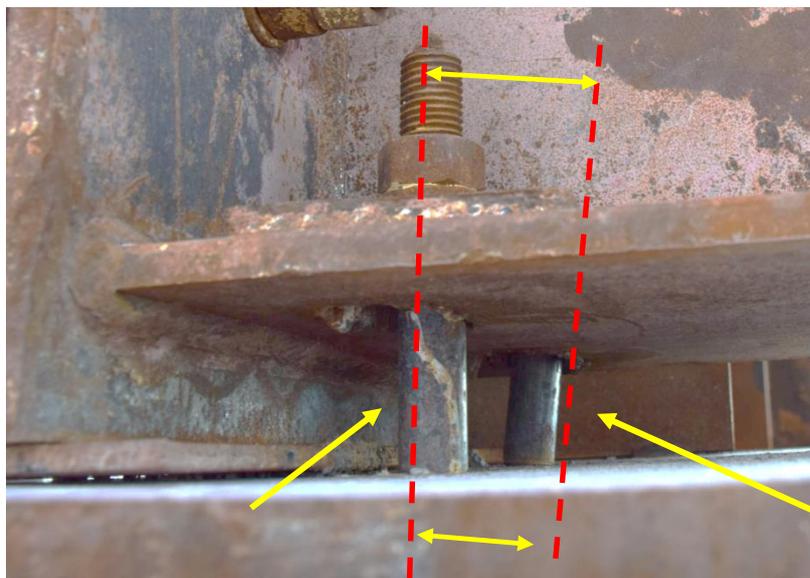


Рисунок 5 – Характерные дефекты дефектов болтовых соединений нижних поясов подкрановых балок

В связи с выявленными дефектами требуется обеспечить проектное болтовое соединение нижних поясов подкрановых балок с опорными столиками нижележащих частей колонн согласно первоначальному проекту по специально разработанному проекту ремонтных работ.

В процессе обследования наружных ограждающих конструкций (сэндвич-панели) Объекта на участке в пределах отм. +26.900 до отм. +44.150 установле-

но следующее: недопустимые повреждения в виде сильной деформации; нарушения целостности и разрывов металлической облицовки и утеплителя (рис. 1), согласно результатам экспертного обследования техническое состояние наружных ограждающих конструкций (сэндвич-панелей) оценено как неудовлетворительное. Произведен демонтаж сэндвич-панелей по всему периметру Объекта (рис. 6).



Рисунок 6 — Ограждающие конструкции (сэндвич-панели) на участке в пределах отм.+26.900 до отм. +44.150 по всему периметру Объекта демонтированы

В процессе обследования покрытия кровли Объекта установлено, что кровельное покрытие (сэндвич-панели) по всей площади находится в неудовлетворительном состоянии, вследствие выявленных недопустимых повреждений в виде сильной деформации; нарушения целостности и разрывов металлической облицовки и утеплителя. Требуется полная замена покрытия кровли (сэндвич-панели).

### **Заключение**

Для восстановления эксплуатационной пригодности дефектных и поврежденных металлоконструкций предложены следующие рекомендации:

1. Рекомендации для обеспечения дальнейшей эксплуатационной надежности стропильных ферм покрытия.

Для обеспечения дальнейшей эксплуатационной надежности стропильных ферм Ф-9-15,А; Ф-9-15,В; Ф-9-15,С; Ф-9-15,Д; Ф-9-15,Е; Ф-9-15,Ф; Ф-9-15,Г институт КазМИРР рекомендует перед монтажом ферм снять все высокопрочные болты монтажных стыков поясов, которые подверглись огневому воздействию, произвести повторную подготовку сопрягаемых поверхностей для обеспечения расчетного значения коэффициента трения согласно проектному решению, установить новые высокопрочные болты с обеспечением требуемой

затяжки до проектных расчетных показателей. Также требуется восстановить антикоррозионное и огнезащитное покрытие конструкций согласно нормативным требованиям.

2. Рекомендации по антикоррозионной и огнезащитной обработке металлоконструкций.

1) Антикоррозионный и грунтовочный составы, количество слоев в соответствии со степенью агрессивности среды определить после выборов огнезащитного состава. Подготовку металлических поверхностей перед окраской производить в соответствии с ГОСТ 9.402-80.

2) Поверхности металлоконструкций не должны иметь заусенцев, острых кромок, сварочных брызг, прожогов, остатков флюса. Поверхности металлоконструкций должны иметь третью степень очистки от окислов и первую степень обезжиривания по ГОСТ 9.402-80.

Очистку поверхности от окислов производить механическим инструментом с использованием абразивных кругов и шлифовальных шкур.

3) Степень очистки поверхности стальных конструкций от окислов (окалины, ржавчины, шлаковых включений) перед нанесением защитных покрытий должна соответствовать требованиям СНиП РК 2.01-19-2004.

В монтажных стыках и узлах, а также в местах, где окраска повреждена, металлоконструкции должны быть очищены, огрунтованы грунтовкой и защищены от коррозии.

Качество лакокрасочного покрытия должно соответствовать V классу по ГОСТ 9.032-74.

4) При производстве работ руководствоваться требованиями СН РК 2.01-01-2013 «Защита строительных конструкций от коррозии», ГОСТ 123.005-759 «Работы окрасочные. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.3.016-87 «Антикоррозионные работы при строительстве. Требования безопасности».

#### **Литература:**

1. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара. *Известия Московского государственного технического университета МАМИ* 3 (1 (19)), 2014.
2. Жолмагамбетов С.Р., Қожас А.К., Жолмагамбетов Н.Р., Қожасов С.К. Оценка технического состояния строительных конструкций и анализ причин появления и развития дефектов и повреждений галереи конвейера У-45. // *Труды Университета*. – 2015. – №.2 – С. 95-98.
3. СП 329.1325800.2017 «Здания и сооружения. Правила обследования после пожара».
4. СП РК 5.03-107-2013 «Несущие и ограждающие конструкции».
5. СП 20.13330.2016. *Нагрузки и воздействия*.

#### **References:**

1. P.V. Puchkov, V.V. Kiselyov, A.V. Toporov. *Razrusheniye stroitel'nykh metallokonstruktsiy v usloviyakh pozhara. Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Destruction of building metal structures in fire conditions. Proceedings of the Moscow State*

- Technical University] MAMI 3 (1 (19)), 2014. (In Russian)*
2. S.R. Zholmagambetov, A.K. Kozhas, N.R. Zholmagambetov, S.K. Kozhasov. *Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstruksiy i analiz prichin poyavleniya i razvitiya defektov i povrezhdeniy galerei konveyera U-45. Trudy Universiteta [Assessment of the technical condition of building structures and analysis of the causes of the appearance and development of defects and damages of the conveyor gallery U-45. Proceedings of the University] – 2015. – №2 – S. 95-98. (In Russian)*
  3. SP 329.1325800.2017 "Buildings and structures. Rules of examination after a fire". [SP 329.1325800.2017 «Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya posle pozhara»]. (In Russian)
  4. SP RK 5.03-107-2013 «Nesushchiye i ograzhdayushchiye konstruksii» [Load-bearing and enclosing structures]. (In Russian)
  5. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdeystviya [Loads and impacts]. (In Russian)

**С.К. Кожасов<sup>1</sup>, Т.А. Толкынбаев<sup>2</sup>, Ш.Б. Толеубаева<sup>2,\*</sup>,  
А.К. Қожас<sup>2</sup>, А.Т. Мухамеджанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қазақстандық көпсалалы қайта құру институты, Қарағанды, Қазақстан  
<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

**Авторлар жайлы ақпарат:**

Кожасов Сарсенбек Кенжебекович – ғылыми қызметкер, Қазақстан көпсалалы қайта құру институты, Қарағанды, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-5694-1905>, e-mail: doublesjani150@gmail.com

Толкынбаев Темирхан Анапияевич – техника ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-8549-3064>, e-mail: temtol1961@mail.ru

Толеубаева Шамшыгайын Болатқызы – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-8044-5346>, e-mail: shamshygaiyn@mail.ru

Қожас Айгүл Кенжебекқызы – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-5039-9529>, e-mail: kozhas@bk.ru

Мухамеджанова Асель Толеубековна – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-5084-2527>, e-mail: assel.84@list.ru

## **ӨРТТЕН КЕЙІНГІ АУЫР СУСПЕНЗИЯЛАР ЦЕХЫ ҒИМАРАТЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ БОЙЫНША ҰСЫНЫСТАР**

**Аңдатпа.** Ауыр суспензия цехы ғимаратының негізгі көтергіш конструкцияларының техникалық жағдайына баға берілді. Цех ғимаратын тексеру кезінде апаттық немесе апатқа дейінгі жағдайдағы көтергіш конструкцияларын жедел анықтауға баса назар аударылады. Көтергіш конструкцияларының өртенуінің негізгі себептері анықталды. Металл конструкцияларының қатты зақымдану дәрежесі олардың деформацияларымен, ферма тораптарындағы элементтердің жыртылуымен және олардың пульпа қосылыс бағыттағыштарының үзілуімен, бағаналардың қабырғаларының қисаюымен және қорғаныс жабынының бұзылуымен анықталады. Ақаулы және зақымдалған металл конструкцияларының пайдалану жарамдылығын қалпына келтіру үшін ұсыныстар ұсынылған.

**Түйін сөздер:** суспензия, зерттеу, металл конструкциялары, зақымдану, фермалар, өткелдер, жіктер.

**S. Kozhas<sup>1</sup>, T. Tolkynbayev<sup>2</sup>, Sh. Toleubayeva<sup>2,\*</sup>,  
A. Kozhas<sup>2</sup>, A. Mukhamejanova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kazakhstan multidisciplinary institute of reconstruction, Karaganda, Kazakhstan

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Information about authors:**

Kozhas Sarsenbek – researcher, Kazakhstan Multidisciplinary Institute of Reconstruction, Karaganda, Kazakhstan  
<https://orcid.org/0000-0002-5694-1905>, e-mail: doublesjani150@gmail.com

Tolkynbayev Temirkhan – Doctor of Technical Sciences, Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-8549-3064>, e-mail: temtol1961@mail.ru

Toleubayeva Shamshygaiyn – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-8044-5346>, e-mail: shamshygaiyn@mail.ru

Kozhas Aigul – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-5039-9529>, e-mail: kozhas@bk.ru

Mukhamejanova Assel – PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-5084-2527>, e-mail: assel.84@list.ru

## **ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE BUILDING OF THE HEAVY SUSPENSIONS WORKSHOP AFTER A FIRE AND RECOMMENDATIONS FOR RESTORATION**

**Abstract.** *The article discusses the method of drainage device. The proposed method relates to the field of construction, namely to the device of drainage systems for the protection of buried parts of buildings and structures subject to constant or periodic flooding of natural and man-made nature in conditions of poorly permeable weak soils of the base and shallow occurrence of water-resistant layers. Proper drainage of the territory of a potentially flooded underground structure during operation is achieved by ensuring the trouble-free functioning of its drainage system by harmonizing the functions of all its elements*

**Keywords:** *suspension, inspection, metal structures, damage, trusses, girders, connections.*