

были рассмотрены несколько вариантов объемно-планировочных решений. Анализ научной литературы показал эффективность использования теории игр в области пожарной безопасности, однако в области пожарной безопасности в строительстве она еще не применялась. Было обосновано применение теории игр (игры с природой в условиях неопределенности) для решения выявленной проблемы.

Были рассмотрены три возможных сценария возникновения и развития пожара и четыре альтернативных объемно-планировочных решения. Для всех сценариев развития пожара было определено время достижения критических значений опасных факторов пожара. Составлены все необходимые схемы эвакуации и выполнены расчеты. На основании рассчитанных параметров была построена платежная матрица, элементы которой были определены

как количество успевших эвакуироваться людей до достижения опасными факторами пожара критических значений. На основании расчета матрицы надежности по критериям Вальда, оптимизма, пессимизма, Сэвиджа, Гурвица был выбран оптимальный вариант объемно-планировочных решений. Результаты исследования показали целесообразность и эффективность применения теории игр в области пожарной безопасности в строительстве.

Заключение

Таким образом, в работе было показано:

- не всегда соответствие нормативным требованиям может обеспечить необходимый уровень пожарной безопасности,
- возможность и эффективность применения теории игр для выбора оптимального варианта решения проблемы.

Список литературы

- Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 №382 (ред. от 02.12.2015), Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях.
- Пузач С.В., Андреев В.В., Методы расчета ОФП. Методы прогнозирования динамики опасных факторов пожара, Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.
- Jonathan Barzilai. Preference Function Modelling: The Mathematical Foundations of Decision Theory, Trends in Multiple Criteria Decision Analysis, pre-print of Chapter 3, pp. 57—86, Springer, 2010.
- Zimmerman H.J., Zysno P. Decisions and evaluations by hierarchical aggregation of information. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 10, №3, 1983. - p. 243-260.
- Saaty T.L. Exploring the interface between hierarchical structures. Fuzzy Sets and Systems. Vol. 1, № 1, 1978. - p. 57-68
- Sardquist Stefan. An Engineering Approach to Fire-Fighting Tactic // Report 1014, Dept of Fire Safety Engineering, Land Institute of Technology, ISSN 1102-8246, ISRN LUTVDG / TVBB-1014-SE. - 1996. - 83 p.
- Alekhin E.M., Brushlinsky N.N., Sokolov S.V., Wagner P. Russian simulation for strategic planning. "Fire International", 11/1996. - p. 32-33.
- Brushlinsky N., Nitzschke M., Sokolov S., Wagner P., Feuerwehren in Mil- lionenstaedten. Organisation, Probleme und Loesungen. Stuttgart, Berlin. Koeln, - p. 308-310, (1995)
- Buchanan B.G., Bobrow D., Davis R., Mc Dermott J., Shorlife E.M. Knowledge-based system // Annu. Rep. Computer Science. № 4, 1990. - p. 395-416.
- Вечтомов Д.А. Информационно-аналитическая система поддержки принятия управленческих решений в процессе мониторинга требований пожарной безопасности, Thesis for: PhD degree in 05.13.10, М, (2014)
- Тупиков Д.В. Модели и алгоритмы поддержки принятия решений по обеспечению пожарной безопасности на промышленных предприятиях, Thesis for: PhD degree in 05.13.01, Саратов, (2015)
- I.M. Teterin, N.G. Topolskiy, V.M. Klimovtsov, Yu.V. Prus, Application of mathematical theory of games in system of support of decision-making. М.: ВИПТШ МВД РФ, 2005.-21 с.
- Топольский Н.Г., Домбровский М.Б. Основы применения теории игр в автоматизации систем пожарной безопасности. М.: ВИПТШ МВД РФ, 1996.-117 с.

© О. М. Шикунская, И. С. Ватунский

Ссылка для цитирования:

О. М. Шикунская, И. С. Ватунский. Применение математической теории игр для обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений на стадии проектирования // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 146-149.

УДК 69.07:69.059

ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ КАК ЭЛЕМЕНТ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИЙ

О. Г. Земцова¹, К. А. Кондратьев¹, Д. П. Береговой²

¹Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Россия

²ООО ЦНЭПБ «Промтэк», г. Пенза, Россия

В статье рассматривается необходимость учета фактора взрывобезопасности здания в качестве элемента качества конструкций на примере обследования действующего деревянного элеватора в г. Пензе, срок эксплуатации которого превышает 100 лет. Целью обследования являлось определение фактического технического состояния и остаточного ресурса несущих и ограждающих строительных конструкций здания элеватора, оценка соответствия объекта предъявляемым к нему требованиям нормативной документации. Установлено, что конструкции здания Пензенского элеватора с точки зре-

ния несущей способности находятся в работоспособном состоянии, и возможна их безопасная дальнейшая эксплуатация. Однако здание элеватора не соответствует современным требованиям взрывобезопасности помещений.

Ключевые слова: деревянный элеватор, строительные конструкции, обследование, взрывобезопасность, легкосбрасываемые конструкции.

EXPLOSION SAFETY AS AN ELEMENT OF QUALITY OF DESIGNS

O. G. Zemtsova¹, K. A. Kondratiev¹, D. P. Beregovoy²

¹*Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia*

²*ООО СНЕПВ "Промтехк", Penza, Russia*

The article discusses the need to take into account the explosion safety factor of a building as an element of the quality of structures using the example of a survey of an existing wooden grain elevator in the city of Penza, whose operational life exceeds 100 years. The purpose of the inspection was to determine the actual technical condition and residual life of the bearing and enclosing building structures of the grain elevator building, assessing the compliance of the object with the requirements of the regulatory documentation. It has been established that the structures of the building of the Penza grain elevator, in terms of their load-bearing capacity, are in working condition and their safe further operation is possible. However, the grain elevator building does not meet modern requirements for explosion-proof of premises.

Keywords: wooden grain elevator, building structures, inspection, explosion safety, easy reset structures.

В конце XIX – начале XX в., благодаря строительству и развитию железной дороги, Пенза была обеспечена надежной транспортной связью с другими городами, что естественно явилось мощным толчком к развитию всех производительных сил региона, стали активно развиваться промышленность и сельское хозяйство. Основными грузами с 1870-х годов были т.н. «хлебные», поэтому одновременно с введением в эксплуатацию железнодорожных веток на них строились деревянные элеваторы для перегрузки и хранения зерна.

В центре современной Пензы, на ул. Каляева, 7а, сохранился и эксплуатируется по назначению элеватор бывшей Рязано-Уральской железной дороги. Некоторые источники, в том числе немногочисленные заметки в интернете, в качестве года постройки указывают 1895 г., этот же год нанесен краской на фасаде здания. Однако, в результате исследования сохранившихся архивных документов и экспонатов Пензенского музея железной дороги было установлено, что в 1895 г. был открыт другой Пензенский элеватор – на Сызрано-Вяземской железной дороге (территория нынешнего завода «Пензтекстильмаш»). Модель этого элеватора в масштабе 1:40, изготовленная в г. Пензе И.И. Поповым в его домашней мастерской, была представлена на Парижской всемирной выставке 1900 г., о чем сообщалось в нескольких заметках местных и столичных газет. Затем элеватор несколько лет не эксплуатировался, часть его оборудования была демонтирована, и вновь элеватор начал функционировать лишь в 1910 г. Однако проработал он недолго – в 1921 г. был уничтожен пожаром и в дальнейшем не восстанавливался [1].

Строительство существующего деревянного элеватора было начато в 1911 г., закончено в 1913 г. (рис. 1). В настоящее время элеватор принадлежит одному из пензенских предприятий и используется для перемещения, очистки, подработки и хранения растительного сырья. В 2018 г. было проведено обследование строи-

тельных конструкций деревянного элеватора и оценка их технического состояния.

Здание имеет комбинированную, каркасно-стенную конструктивную схему. Строительные конструкции элеватора – деревянные, за исключением фундаментов, колонн и стен подсилового этажа, выполненных из полнотелого керамического кирпича.



Рис. 1. Пензенский элеватор в прошлом и настоящем

Здание элеватора условно состоит из двух основных частей: трехэтажного силосного корпуса (подсилоный, силосный и надсилоный этажи) и пятиэтажной рабочей башни (рис. 2). Технологически элеватор объединен с точками приема и отпуска растительного сырья с транспорта и отдельно стоящим сушильным участком.



Рис. 2. Общий вид элеватора

Общие размеры здания в осях – 22,75 × 19,5 м. Высота здания от уровня чистого пола первого (подсилоного) этажа до верха коньковой части покрытия рабочей башни элеватора составляет 30,1 м; до верха коньковой части покрытия силосного корпуса – 21,1 м.

Фундаменты под несущие колонны и стены элеватора выполнены из керамического кирпича. Несущими конструкциями здания элеватора на уровне подсилосного этажа служат стены толщиной 750 мм и колонны сечением 700 × 700 мм, выполненные из керамического кирпича. Выше подсилосного этажа несущими конструкциями являются колонны, балки, стены, выполненные из дерева твердых пород (лиственницы). Толщина наружных и внутренних стен силосов – 130 мм. Междуетажные перекрытия здания деревянные, выполнены сплошным настилом из обрезных досок толщиной 50 мм, уложенных по балкам перекрытия, выполненным из бруса сечением 150 × 200 мм, опирающимся на стены силосов и стойки. Ограждающие конструкции, покрытие здания – деревянные. С наружной стороны деревянные конструкции защищены от воздействия атмосферных осадков стальными и асбестоцементными волнистыми листами. Крыша бесчердачная, двускатная, с наружным неорганизованным водосток. Кровля рабочей башни выполнена из листового металла по деревянной обрешетке из обрезных досок толщиной 25 мм, кровля силосного корпуса – из металлических профилированных листов. Ограждения кровля не имеет.

Огнезащитная пропитка деревянных конструкций антипиренами проводится регулярно. Молниезащита здания находится в рабочем состоянии.

Подсилосная часть здания (рис. 3) элеватора выполнена в виде этажа, ограниченного стенами, с колоннами, поддерживающими подсилосное перекрытие. Несущими конструкциями подсилосного этажа являются кирпичные колонны сплошного сечения и стены. Колонны размещены в местах сопряжения стен смежных силосов с сеткой 3250 × 3250 мм.

В качестве несущих балок и прогонов, по которым устроены перекрытия подсилосного этажа и силосы, использованы деревянные бруски различного поперечного сечения. Перекрытие подсилосного этажа выполнено в виде плоских наклонных и горизонтальных деревянных плит, опирающихся на деревянные балки и прогоны. Элементы деревянных конструкций скреплены болтами и строительными скобами, в узлах сопряжений имеют перевязку по врубкам с применением деревянных шпонок.

Ограждающими конструкциями подсилосного этажа в цокольной части служат кирпичные стены, выше – деревянные стены, обшитые снаружи стальными и асбестоцементными волнистыми листами.

Деревянные и каменные конструкции подсилосного этажа находятся в удовлетворительном состоянии. При обследовании и оценке технического состояния конструкций подсилосного этажа повреждений и дефектов, свидетельствующих о снижении несущей способно-

сти и эксплуатационной пригодности конструкций, не выявлено.

На стенах имеются локальные повреждения в виде выбоин, трещин шириной раскрытия до 0,3 мм, сколов; асфальтобетонные полы имеют незначительные выбоины и трещины. Причиной указанных повреждений является длительный срок эксплуатации здания. Деревянные конструкции имеют усушечные трещины вдоль волокон шириной раскрытия 1-6 мм. Причиной возникновения трещин является процесс естественного высыхания древесины.

Из подсилосного этажа до пункта приема растительного сырья с транспорта ведут два сводчатых тоннеля, в которых размещены ленточные транспортеры. Стены и свод тоннелей выполнены из керамического кирпича. Выпучивания стен, провисания сводов и выпадения кирпичей кладки не выявлено.

Силосы для размещения и хранения растительного сырья квадратные в плане размерами 3,1 × 3,1 м, высотой 12,5 м. силосы выполнены из деревянных досок, уложенных порядно, с перевязкой в местах пересечения осей. Силосное перекрытие выполнено из досок толщиной 50 мм по деревянным лагам (брускам) и стенам силосов.

При обследовании и оценке технического состояния силосной части разрушений, выпираний, искривлений, нарушения герметичности стен силосов не выявлено. Имеется абразивный износ стен силосов и локальные участки повреждения наружной обшивки стен. Выявленные дефекты вызваны длительным сроком эксплуатации.

Силосы закрыты сплошным перекрытием с устройством в нем плотно закрывающихся грузочных и лазовых люков с предохранительными решетками, люки силосов закрываются крышками в уровень с полом и имеют металлические решетки на петлях (в соответствии с ФНП, утвержденными приказом Ростехнадзора №560 от 21.11.2013 г. [2]). Силосы оборудованы средствами дистанционного контроля температуры хранящегося в них зерна – термоподвесками.

Надсилосный этаж (рис. 4) представляет собой надстройку мансардного типа. Пространственные фермы покрытия надсилосного этажа выполнены из брусьев, скрепленных между собой болтами и строительными скобами. Внутренний каркас состоит из двух рядов стоек, связанных в продольном направлении подстропильными прогонами. Стойки связаны с наслонными стропилами горизонтальными ригелями. Такие связи обеспечивают жесткость деревянного каркаса и устойчивость стоек и стен. Расстояние между стойками внутреннего каркаса в продольном направлении – 3,25 м, в поперечном направлении – 6,5 м.

При обследовании и оценке технического состояния надсилосного этажа мест значительно-

го загнивания, повреждения деревянных элементов вследствие их биологического и энтомологического поражения не выявлено. Имеются локальные потемнения деревянных конструкций покрытия, вызванные замачиванием конструкций в предыдущие годы. После проведенного капитального ремонта кровли дальнейшее замачивание конструкций покрытия исключено.



Рис. 3. Подсилосный этаж



Рис. 4. Надсилосный этаж

В рабочей башне элеватора (рис. 5) размещены механизмы для перемещения, очистки и распределения растительного сырья. Несущие конструкции рабочей башни выполнены по той же конструктивной схеме, что и в остальной части элеватора. В уровне подсилосного и надсилосного этажей рабочая башня и силосный корпус конструктивно объединены. Выше надсилосного этажа рабочая башня в плане объемно-планировочного решения представляет собой лестницу 1 типа (лестницы внутренние, размещенные в лестничных клетках), на площадках которой размещено оборудование. Две нории, которыми оснащен элеватор, по высоте пропущены через межэтажные площадки и бункера.

При обследовании и оценке технического состояния рабочей башни мест значительного загнивания, повреждения деревянных элементов вследствие их биологического и энтомологического поражения не выявлено. Конструкции рабочей башни элеватора находятся в удовлетворительном состоянии.



Рис. 5. Пятый этаж рабочей башни

В связи с длительным сроком эксплуатации элеватора в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия», СНиП 2.10.05-85 «Предприятия, здания и сооружения по хранению и переработке зерна», СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции» были произведе-

ны поверочные расчеты стен силосов и несущих конструкций стропильных систем покрытия [3–7]. Расчеты показали, что несущая способность, прочность и устойчивость стен и стропильных систем покрытия соответствуют действующим нормам.

Результаты исследования, в совокупности с ранее выполненными работами по обследованию строительных конструкций, позволяют сделать вывод, что срок эксплуатации существующего деревянного элеватора может быть существенно продлен. Опыт обследования деревянных конструкций показывает, что при надлежащей эксплуатации, исключающей увлажнение, долговечность их может исчисляться столетиями.

На многих предприятиях по хранению и переработке зерна до сих пор сохранились элеваторы с деревянными силосами, которые в течение последнего десятилетия выводятся из эксплуатации как неудовлетворяющие требованиям пожарной безопасности.

Согласно ФНП в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья», утвержденным приказом Ростехнадзора №560 от 21.11.2013 г. [2], для обеспечения взрывобезопасности помещений элеватора следует предусматривать устройство легкобросываемых конструкций, площадь которых должна быть не менее 0,03 м² на 1 м³ свободного объема помещения. Оконное стекло относится к легкобросываемым конструкциям при толщине 3, 4 и 5 мм и площади ячейки не менее (соответственно) 0,8, 1 и 1,5 м².

Как правило, фактическая площадь легкобросываемых конструкций помещений деревянных элеваторов, построенных более 100 лет назад, не соответствует современным требованиям. В период выполнения реконструкции или капитального ремонта здания элеватора необходимо предусматривать увеличение площади оконных проемов. Однако, для большинства конструктивных решений деревянных элеваторов увеличение площади легкобросываемых конструкций без нарушения конструктивной прочности объекта невозможно.

Таким образом, установлено, что конструкции здания Пензенского элеватора с точки зрения несущей способности находятся в удовлетворительном (работоспособном по РД 22-01.97) состоянии, и возможна их безопасная дальнейшая эксплуатация. Однако, здание элеватора не соответствует современным требованиям взрывобезопасности помещений.

Список литературы

1. Грузовой двор станции Пенза Моршанско-Сызранской железной дороги (с 1889 года – Сызрано-Вяземская железная дорога) // Железнодорожник. 2019. №1. URL: <http://panor.ru/magazines/zheleznodorozhnik/numbers/451684.html>
2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21.11.2013 г. № 560 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности взрывопожаро-

опасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья». Зарегистрирован Минюстом России 16.12.2013 г., регистрационный № 30606.

3. Земцова О.Г., Володин В.А. Комплексы программ, применяемые для моделирования и расчета конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2015. №1. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no1/matematiceskoe-modelirovanie-chislennye-metody-i-kompleksy-programm/kompleksy-programm-primenyaemye-dlya-modelirovaniya-i-rascheta-konstrukcii-zdani-i-sooruzhenii/at_download/file

4. Курьянова Т.К., Платонов А.Д., Федоткин Н.М., Фокина И.С. Исследование прочности древесины при длительной постоянной нагрузке // Лесотехнический журнал. 2012. №2(6). С. 7-10.

5. Оленьков В.Д., Пузырев П.И. Моделирование аэродинамического воздействия на уникальные здания // Строительство и экология: теория, практика, инновации : Сборник докладов I Международной научно-практической конференции. 2015. С. 84-87.

6. Шеин А.И., Земцова О.Г. Методика расчета сооружения на устойчивость при динамических возмущениях // Приднепровский научный вестник. 2018. Т. 5. № 3. С. 3-5.

7. Шеин А.И., Карташов Н.С., Земцова О.Г. Вектор внутренних усилий в задачах динамики с использованием метода сеточной аппроксимации [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2019. №9. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no-9-aprel-2019/stroitel'naya-mehanika/9.0/at_download/file

© О. Г. Земцова, К. А. Кондратьев, Д. П. Береговой

Ссылка для цитирования:

О. Г. Земцова, К. А. Кондратьев, Д. П. Береговой. Взрывобезопасность как элемент качества конструкций // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 149–153.