

тивный подход предполагает исследование причин деформаций основных несущих конструкций зданий как результата их взаимодействия с факторами внешней среды. Второй подход предусматривает изучение процессов и явлений, возникающих в грунтах оснований зданий под влиянием природных факторов и хозяйственной деятельности человека.

7. Создание имитационной компьютерной модели объекта «Как должно быть».

На имитационной компьютерной модели «Как есть» выявляются дефекты и намечаются мероприятия по их устранению. Создается имитационная компьютерная модель «Как должно быть», с учетом мероприятий по исключению повреждений, усилению строительных конструкций, укреплению фундаментов, упрочнению грунтов и др.

8. Разработка мероприятий по укреплению оснований и усилению фундаментов и строительных конструкций.

Разрабатываются проектные решения по усилению строительных конструкций, фундаментов и упрочнению грунтов оснований.

9. Разработка системы управления проектом реконструкции здания.

С учетом положений, изложенных в [1], разрабатывается информационная система управления проектом реконструкции здания или сооружения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бусел И. А. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Основы методологии. Минск: Издательский центр БГУ, 2015.-394 с.

2. Пашкин Е. М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высшая школа, 1998.-255с.

УДК 628.517.2

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ**

**А.И. Згировский**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Шумозащитные экраны вдоль автомагистралей стали устанавливать в Республике Беларусь относительно недавно. Шумозащитные или акустические экраны устанавливаются как вдоль автомобильных дорог общего пользования, так и в условиях городской застройки для защиты от шума потока как автомобильного, так и железнодорожного транспорта.

Шумозащитные экраны должны устанавливаться на минимально допустимом расстоянии от автомагистрали или железной дороги с учетом требований по безопасности движения. Материалы для проектирования

экранов-стенок должны быть долговечными и устойчивыми к воздействию атмосферных факторов. В данной статье не будем затрагивать звукопоглощающие материалы и акустические характеристики облицовки экранов. Рассмотрим опыт проектирования и эксплуатации панелей шумозащитных, установленных на подъездной автомобильной дороге, полосе разгона и торможения в районе д. Прилесье Минского района, которые сразу после возведения оказались не пригодными для дальнейшей эксплуатации.

Монтаж панелей шумозащитного ограждения производился в период с декабря 2019 года по январь 2020 года. В январе 2021 года произошло обрушение ряда панелей (рисунок 1). Часть панелей получили значительные деформации (рисунок 2).



Рис. 1. Отсутствие шумозащитных панелей в результате их обрушения



Рис. 2. Деформация шумозащитных панелей более 80 мм

Шумозащитное ограждение было запроектировано частным предприятием «Творческая мастерская архитектора Ермольчика Р.Н.» как объект: «Строительство и обслуживание спортивного комплекса для выноса объектов ДОСААФ по техническим видам спорта, подъездной автомобильной дороги, полос разгона и торможения в районе д Прилесье Минского района» – строительный проект 09-ГП/2019-2С-60-КМ» В представленном проекте было рекомендовано использовать панели шумозащитные перфорированные «Саундлюкс» толщиной 80 мм (Комплект чертежей КМ, лист 5).

Проектом была предусмотрена установка шумозащитного экрана протяженностью 380 метров вдоль существующей автодороги в направлении населенного пункта Королищевичи Минского района на расстоянии 15-30 метров от откоса карьера. Данное ограждение установлено в пределах границ выделенного участка по ранее запроектированному и существующему рельефу.

В соответствии с проектом шумозащитное ограждение состоит из опорных стоек с шагом 3 м и металлических панелей.

После обрушения панелей шумозащитного ограждения было проведено техническое обследование элементов шумозащитного ограждения. Пролет смонтированных панелей соответствовал размерам, заложенным в проекте. При натурном обследовании несущих вертикальных стальных двутавровых стоек 25Б1 шумозащитного ограждения сверхнормативных отклонений от вертикали, деформаций и погнутостей не выявлено. Отдельные стойки имели отклонения в пределах 3-12 мм от вертикали. Дефектов и повреждений, снижающих их несущую способность, не обнаружено.

Номинальная длина панелей находилась в пределах 3,0 м. Ширина панелей – 1,2 м. Панели толщиной 80 мм были установлены с наполнителем из минеральной ваты.

В комплекте шумозащитного экрана (согласно 09-ГП/2018-2А-60-КМ) находились:

- несущие вертикальные элементы – стоек, выполненные из широкополочных стальных двутавров 25Б1, покрытых грунтом и эмалью;

- перфорированные панели  $t=80$  мм (наполнитель минеральная вата плотностью  $100 \text{ кг/м}^3$ , влагозащитная мембрана) передняя перфорированная оцинкованная обшивка – сталь толщиной 0,7 мм, задняя сплошная оцинкованная обшивка сталь толщиной 0,5 мм;

- сплошные панели (нижний ряд панелей)  $t=80$  мм (наполнитель минеральная вата плотностью  $100 \text{ кг/м}^3$ ) передняя сплошная оцинкованная обшивка – сталь толщиной 0,7 мм, задняя сплошная оцинкованная обшивка сталь толщиной 0,5 мм.

Следует отметить, то при обследовании панелей было установлено повышенное влагопоглощение минераловатного заполнителя, находившегося в составе панелей шумозащитного ограждения.

В результате обследования было установлено, что на объекте были смонтированы панели, не предусмотренные проектом. Вместо панелей «Саундлюкс-Экран» толщиной 80 мм для шумозащитного ограждения фактически были установлены панели ООО «Стройпласт» (Россия).

Исполнительная документация на строительство шумозащитного ограждения не была предоставлена. Проектная документация представлена не в полном объеме. В проектной документации например была представлена только расчетная схема стальных стоек (09-ГП/2019-2С-60-

КМ, лист 3), а горизонтальные и вертикальные нагрузки на шумозащитные панели отсутствовали.

В ходе обследования шумозащитного ограждения были выявлены следующие дефекты и повреждения:

- отсутствовали шумозащитные панели в результате их демонтажа после повреждения;
- деформации шумозащитных панелей находилась в пределах от 30 мм до 80 мм;
- механические повреждения (излом) шумозащитных панелей;
- механические повреждения (коробление обшивки) от ударных воздействий и следы надрезов стальной перфорированной обшивки шумозащитных панелей;
- полное и частичное отсутствие болтов в прижимных уголках шумозащитного экрана;
- отсутствие прижимных уголках шумозащитных панелей;
- прижимные уголки устроены не по всей высоте панелей;
- повреждения оцинкованного покрытия шумозащитных панелей в результате коррозии из-за разрушения гидроизоляции;
- глубина опирания шумозащитных панелей составляла 5-10 мм и в ряде случаев менее 5 мм (дефект монтажа);
- деформация или отсутствие верхнего защитного фартука шумозащитного экрана.

При изучении представленной документации было установлено, что поставщиком панелей «Стройпласт» выступал ООО «БЕЛМЕТАЛЛИНВЕСТ». Панели до установки их на объекте не прошли обязательную сертификацию на основании нормативных документов, действующих на территории Республики Беларусь.

В соответствии с «Правилами приемки», указанных в СТБ 1808 приемку панелей производят партиями и панели принимают по результатам периодических и приемо-сдаточных испытаний. Испытания панелей по определению разрушающей сосредоточенной и равномерно распределенной нагрузки при поперечном изгибе, величины прогиба при поперечном изгибе, прочности утеплителя при сжатии, растяжении, сдвиге, модулей упругости при растяжении, сжатии и модуля сдвига, прочности сцепления утеплителя с металлическими листами при равномерном отрыве и сдвиге проводят в процессе серийного производства не реже 1 раза в 6 мес. Такие протоколы испытаний ООО «БЕЛМЕТАЛЛИНВЕСТ» не предоставил.

В представленном сертификате соответствия №0508773, выданным в Российской Федерации приведены нормативные документы, не действующие на территории Республики Беларусь. В сертификате имеется ссылка на ТУ 25.11.23-001-28126912-2018 «Панели металлические трехслойные шумозащитные со звукопоглощающим наполнителем из минераловатной плиты. Технические условия». В открытом доступе

удалось установить, что ТУ 25.11.23-001-28126912-2018 распространяется на «Руководство по монтажу шумоизоляционных панелей Стройпласт». В сертификате №0508773 приводятся ссылки на протоколы испытаний, необходимые для обязательной сертификации. Протоколы испытаний, подтверждающие несущую способность заявленных панелей, не были представлены. Отсутствует информация об области применения шумозащитного ограждения (какую нагрузку выдерживают панели, с каким шагом необходимо располагать стальные стойки и какой толщины необходимо применять панели в зависимости ветровой нагрузки).

Проект строительства шумозащитного экрана высотой 7,2 м вдоль трассы картинга получил заключение дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Минской области» №2095-70/19 от 30 октября 2019 года, при этом в разделе «Конструктивные решения» отсутствует упоминание о панелях шумозащитных, тем не менее в разделе «Выводы» указано, что на основании настоящего заключения архитектурный проект рекомендуется к повторному утверждению.

Таким образом, по результатам детального обследования было установлено, что панели шумозащитные, установленные на подъездной автомобильной дороге, полос разгона и торможения в районе д. Прилесье Минского района, не пригодны для дальнейшей нормальной эксплуатации. Панели «Стройпласт», имеющие в своем составе влагозащитную мембрану, не могут быть трехслойными. Их следует рассматривать как двухслойные элементы, но в этом случае перфорированная оцинкованная обшивка должна быть профилированной, а не плоской. Есть также другие варианты фиксации или усиления перфорированной обшивки. Производители панелей не разобрались в тонкостях работы шумозащитных экранов и посчитали, что можно ссылаться на панели, несущие заводского изготовления с двухсторонней металлической обшивкой.

Несущая способность смонтированных панелей шумозащитного экрана, не обеспечена для восприятия существующих эксплуатационных нагрузок. Выявлена большая деформативность этих панелей. От интенсивного ветрового давления в панелях возникли дополнительные напряжения, что привело к механическому надлому металлических обшивок. При деформациях панелей, превышающих предельно допустимую, произошло вытягивание опорных участков панелей из гнезд крепления (полка стойки двутавра и прижимной уголок), выходу из проектного положения и обрушению.

При возникшем изменении структуры конструкции панелей шумозащитного экрана (отслоение перфорированной обшивки), а также с изменением теплотехнических характеристик наполнителя (насыщение влагой и промерзание наполнителя), деструктивные процессы в перфорированных

панелях шумозащитного экрана являются необратимыми, т.е. не обеспечивается их нормальная эксплуатация и долговечность.

С высокой степенью вероятности можно описать последовательность внутренних процессов, происходящих в перфорированных панелях шумозащитного экрана. Т.к. имели место такие деструктивные процессы как отслоение перфорированной обшивки в панелях шумозащитного экрана, панель перестает быть цельной конструкцией. Перфорированная обшивка и наполнитель начинают работать самостоятельно. Дефектные панели с отслоившимися обшивками начинают существенно деформироваться, что приводит к резкому снижению эксплуатационных свойств панелей шумозащитного экрана, утрачивается пригодность шумозащитного ограждения к дальнейшей безопасной эксплуатации.

Процесс деформации панелей при наличии искривлений, является необратимым. В последующем деформации могут сопровождаться дополнительным отслоением перфорированной обшивки от наполнителя панелей из-за нарушения сцепления между стальным листом перфорированной обшивки и материала наполнителя. Из-за нарушения сцепления между стальными листами обшивки и материалом наполнителя, панель перестает быть единой конструкцией, и таким образом, эксплуатационные качества панелей снижаются.

В различной степени дефекты могут проявляться в течение всего срока эксплуатации объекта. В результате сильной деформации панелей происходит вытягивание панелей из гнезд крепления (прижимные уголки и полки двутавровых стоек). Для устранения процесса разрушения панелей необходим ремонт стеновых панелей и мероприятия по предотвращению чрезмерных деформаций и вытягивания панелей из гнезд крепления панелей.

По результатам детального обследования шумозащитного ограждения, примененные перфорированные панели шумозащитного экрана поставки «Стройпласт» (Россия) не соответствуют СТБ 1808 – 2007 «Панели металлические трехслойные с утеплителем из минераловатных плит. Технические условия» (п.4.7.5) и СТБ 4.220 – 98. СПКП «Строительство. Панели легкие ограждающие с утеплителем из пенопласта и минераловатных плит. Номенклатура показателей».

При изготовлении панелей, эксплуатируемых на открытом воздухе, необходимо использовать в качестве наполнителя только гидрофобизированную минеральную (каменную) вату, благодаря чему исключается проникновение влаги в структуру наполнителя, в противном случае не будет обеспечено качество панелей, а эксплуатационные пригодность панелей будет резко снижена.

Высокое влагопоглощение в совокупности с существующими условиями эксплуатации свидетельствуют, что данный материал наполнителя с

неудовлетворительными физико-механическими характеристиками изначально не мог быть применен в конструкции шумозащитного экрана.

При насыщении влагой материала наполнителя в перфорированных панелях шумозащитного экрана, будет происходить отслоение перфорированной обшивки от влагозащитной мембраны с последующей деформацией панелей, при этом не исключается обрушение отдельных панелей.

Необходимо отметить также, что одной из причин способствующих обрушению панелей является также повышенное ветровое давление в момент, предшествующий обрушению. Обрушение панелей произошло за счет исчерпания несущей способности шумозащитных панелей. Шумозащитный экран, расположенный в районе д. Прилесье Минского района, находится в местности со значительными перепадами высот. Участок местности в пределах д. Прилесье можно отнести к типу местности – III, а участок примыкающий к д. Прилесье, где отсутствуют строения, в зоне съезда к картодрому РСТЦ ДОСААФ, к типу местности – II. По данным метеонаблюдений скоростной напор ветра в момент, предшествующий обрушению превышал среднее нормативное значение в 2,5-3 раза, что и привело к негативным последствиям.

Определить несущую способность панелей шумозащитных «Стройпласт» для восприятия эксплуатационных нагрузок в результате детального обследования было невозможно из-за отсутствия исходных данных (фактическая плотность, прочностные характеристики и модуль упругости материала наполнителя).

Среди материалов, предоставленных Заказчиком были протоколы испытаний панелей шумозащитных «Саундлюкс-Экран», хотя как было выше указано, по факту были установлены панели «Стройпласт». Испытания панелей проводил РУП «Институт БЕЛНИИС». В представленном протоколе испытаний №52Н-1 от 23 февраля 2023 г. РУП «Институт БЕЛНИИС» на панели шумозащитные «Саундлюкс-Экран» приведена разрушающая нагрузка и прогиб при поперечном изгибе при этой же нагрузке. Прогиб при оценке жесткости в соответствии с СТБ 1610 замеряется при нормативной нагрузке. В тоже время в протоколе не указано, с какой стороны прикладывалась нагрузка (со стороны перфорации или к гладкой обшивке), т.к. эти панели необходимо рассматривать как двухслойные, для которых принципиально важно с какой стороны прикладывается нагрузка.

Панели шумозащитные «Стройпласт» оказались не пригодны для дальнейшей эксплуатации. Неблагоприятное сочетание внешних нагрузок привело к отказу конструкций ограждения. Для дальнейшей безопасной эксплуатации шумозащитного ограждения были разработаны мероприятия по усилению шумозащитного ограждения.

По заданию Заказчика были проведены статические испытания нагружением панелей «Стройпласт», демонтированных из существующего

шумозащитного ограждения, с целью определения их фактической несущей способности. Испытания проводились на базе Центра научных исследований и испытаний строительных конструкций (ЦНИИСК) БНТУ. Испытания подтвердили низкую несущую способность панелей «Стройпласт», невозможность воспринимать ветровую нагрузку, соответствующую данному типу местности. Дополнительно проводились статические испытания панелей «Стройпласт», на фрагменте шумозащитного ограждения, усиленных при помощи стальных шляпных профилей. Фактическая несущая способность панелей, усиленных шляпными профилями оказалась примерно в 6 раз выше по сравнению с неусиленными.

Панели «Стройпласт» шумозащитного экрана высотой 7,2 м вдоль трассы картинга были усилены путем использования стальных шляпных профилей ПШ 90x20 мм толщиной 1,2 мм. Профили устанавливались в уровне продольных стыков панелей с двух сторон, а также по центрам панелей со 2-й по 6-ю. Первая (нижняя панель имела с двух сторон сплошную металлическую обшивку). Крепление выполнялось при помощи саморезов для сэндвич-панелей длиной 105 мм с шагом 400 мм. Общий вид шумозащитного экрана после усиления представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Общий вид шумозащитного экрана после усиления стальными шляпными профилями.



Рис. 4. Фрагменты усиления шумозащитного экрана с частичной заменой поврежденных панелей.

Поврежденные панели были извлечены и заменены на новые (см. рис. 4). Узел усиления панелей шумозащитного экрана при помощи шляпных профилей приведен на рисунке 5.

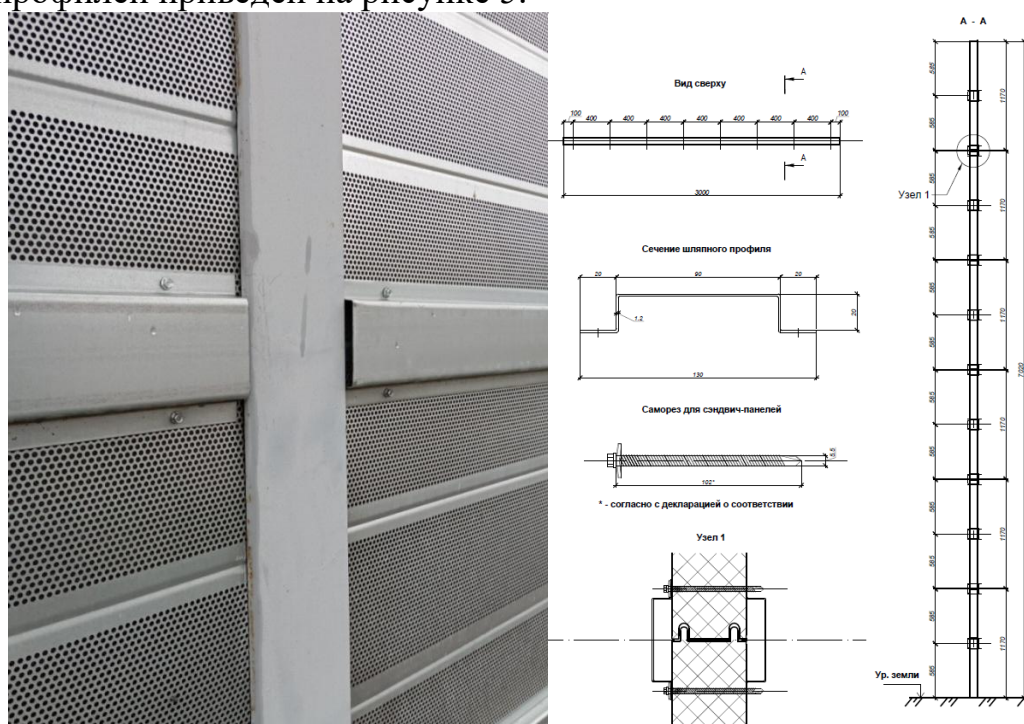


Рис. 5. Узел усиления панелей шумозащитного экрана

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН 1.04.01–2020. Техническое состояние зданий и сооружений. – Минск: МАиС, 2020. – 73 с.
2. СП 1.04.02-2022. Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений. – Минск: МАиС, 2022. – 80 с.

3. ТКП EN 14509–2013. Панели изоляционные несущие заводского изготовления с двухсторонней металлической обшивкой. Технические условия – Минск: МаиС, 2013. – 128 с.
4. СН 2.01.01–2022. Основы проектирования строительных конструкций. – Минск: МАиС, 2022. – 65 с.
5. СТБ 1610-2006. Панели металлические с утеплителем из минераловатных плит и пенопласта. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности и жесткости.
6. СТБ 1808 – 2007 «Панели металлические трехслойные с утеплителем из минераловатных плит. Технические условия».

УДК 624.011.1

## **УСИЛЕНИЕ ДОЩАТОКЛЕЕННЫХ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ДЕФЕКТАМИ В ВИДЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН**

**Згировский А.И., Минчукова М.Е.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В Республике Беларусь деревянные арочные конструкции используются как в качестве покрытия складов калийных удобрений, так и при возведении спортивных сооружений. Арки являются одним из наиболее эффективных типов несущих конструкций, как с экономической, так и с эстетической точек зрения. Клеедощатые арки в большинстве случаев проектируют прямоугольного постоянного сечения по длине пролёта, независимо от формы её очертания. Опыт проектирования и эксплуатации большепролетных клееных деревянных арок в стране составляет более полувека. Необходимость строительства складов связана с необходимостью хранения калийных удобрений и последующего их экспорта, которая остается одним из основных источников валютных поступлений в страну. Увеличить производство калийных удобрений в Республике Беларусь планируется после ввода в эксплуатацию Петриковского горно-обогатительного комбината и Нежинского горно-обогатительного комбината в Любанском районе. Кроме того, началось строительство горно-обогатительного комбината в Дарасино.

В республике накоплен опыт изготовления и монтажа большепролетных клееных арок. Склады солей калийных комбинатов входят в состав основных сооружений калийных комбинатов. Особенностью этих сооружений являются большие, свободные от опор площади помещений (пролетом 45 м), в которых на полу хранится соль. Особенность эксплуатации деревянных складов является постоянное содержание в воздухе тонкой солевой пыли, возникающей при сбрасывании соли с транспортной галереи, оседающей на всех горизонтальных и наклонных плоскостях конструкций.