

технологии и общество (Educational Technology & Society)». – 2018. – V.21. – № 1. – С. 396-405.

2. Басалин П.Д. Организация интеллектуальной обучающей среды с применением новых информационных технологий // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Межвузовская серия «Моделирование и оптимизация сложных систем». Н. Новгород: 2002. – С. 21-25.

3. Макаров Е.М. Использование Java для проверки компетенций по геометрическому моделированию // Образовательные технологии и общество. – 2018. – т. 21, № 1. – с. 494–505.

4. Макаров Е. М. Использование домашних заданий по программированию для развития практических компетенций курса «Геометрическое моделирование» // Образовательные технологии и общество. – 2019. – т. 22, № 1. – с. 164–174.

5. Комарова С.Н. Компьютерное моделирование как средство развития исследовательской компетенции студентов / Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin). 2015.5 (158). С. 217-222.

6. Allplan 2022. Пособие. Основы. ALLPLAN GmbH, Мюнхен. 2022. - 311 с.

7. Allplan 2021. Пособие. Конструирование. ALLPLAN GmbH, Мюнхен. 2021. - 311 с.

8. Allplan Bridge – BIM в мостостроении. В. Шкатов. Allbau Software GmbH, Берлин. 2021. - 34 с.

9. Дипломные проекты студентов кафедры «Мосты и тоннели».

УДК 691

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А.В. Устинович

Завод ЖБИ УП «Минскметрострой»,

ул. Селицкого, д.15в, 220075, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящий момент заметно увеличения тенденции в использовании монолитного железобетона при возведении зданий и сооружений. Не исключением является и метрополитен. Если при устройстве перегонных тоннелей применяют сборный железобетон, то уже станционные комплексы возводят с использованием технологии монолитного строительства. Не исключением является и метрополитен города Минска.

Первый пусковой комплекс третьей линия Минского метрополитена включает в себя 4 станции которые между собой соединены перегонными тоннелями. Основной способ строительства станций – это монолитное строительство. В тоже самое время сборный железобетон, тоже широко применяется при возведении объектов и при подготовительных мероприятиях (перенос и/или устройство коммуникаций).

При устройстве перегонных тоннелей тоннеле-проходческим механизированным комплексом (ТПМК) создаётся тоннель круглого сечения (рисунок 1) наружным диаметром 6,0 м стенки которого состоят из железобетонных тубингов высокоточной тоннельной обделки, изготавливаемых на предприятии в соответствии с требованиями [1]. В сборе кольцо обделки включает в себя четыре прямых тубинга, один замковый и два прилегающих к нему. Преимуществом такого способа в сравнении с ранее использованными является более высокая скорость проходки, до 12,0-15,0 м в сутки, а за счёт использования резиновых уплотнителей, устанавливаемых в виде рамок в заводских условиях в тубинги, достигается высокая герметичность конструкции тоннеля.



Рис. 1. Перегонный тоннель из железобетонных тубингов высокоточной тоннельной обделки

Полностью отказаться от старых технологий проходки тоннелей (использовались при строительстве первых двух линий) не получилось. Короткие пешеходные соединительные и перегонные тоннели устраивали с использованием немеханизированных щитов. Это было обусловлено экономической целесообразностью использования менее производительной технологии. В этом случае для устройства тоннеля использовалась тоннельная обделка другой конфигурации и меньших габаритных размеров. Наружный диаметр составляет 5,5 м, а кольцо в сборе включает в себя шесть тубингов и один лотковый блок. Длина кольца составляет 1,0 м.



Рис. 2. Перегонный тоннель с использованием тоннельной обделки старого образца

Данный тип конструкции тоннеля обладает рядом недостатков: низкая производительность при возведении тоннеля, не высокая герметичность и тд. Производство тубингов осуществляется в соответствии с требованиями [1] кассетным способом в заводских условиях.

Пристанционные сооружения, тупики, ветка съезда сооружаются открытым способом. В качестве ограждающих конструкций (стен) используются стеновые блоки различных типоразмеров и конфигураций (рисунок 3). Стеновые блоки могут быть с выпусками арматуры, предназначенными для последующего устройства монолитной конструкции, так и без выпусков, с консолью и без её. По верх стеновых блоков монтируются плиты покрытия [2].



Рис. 3. Станция «Вокзальная»

В качестве элемента верхнего строения пути фиксирующего рельс и позволяющий снижать вибрацию от подвижного состава на тетьей линии Минского метрополитена использовались виброизоляционные блоки упругого крепления рельсового пути БВ2-М [3] (рисунок 4). Они использовались вместо деревянных шпал, широко распространённых на первой и второй линии Минского метрополитена. Проведённые натурные испытания в тоннеле показали их эффективность в гашении вибрации, возникающей при движении метрополитена [4].



Рис. 3. Подготовка верхнего строения пути на блоках БВ2-М к бетонированию

Также необходимо не забывать, что перед устройством котлованов, в которых в последствии ведётся строительство объектов метрополитена, необходимо произвести перенос всех коммуникаций с пятна застройки. Для этих целей используются различные железобетонные изделия: лотки для прокладки теплотрасс, крышки и др. Отдельно необходимо отметить использование труб бетонных и железобетонных безнапорных с интегрированными уплотнителями. Использование данных изделий позволяет снизить затраты на устройство стыковых соединений трубопроводов и большую герметизацию стыкового соединения.



Рис. 5. Безнапорный трубопровод

Наибольшее распространение получили трубы железобетонные при производстве которых на современных установках используется арматурный каркас [5]. Однако проведенные исследования показывают, что в трубах диаметром от 300 мм до 600 мм и до 3-й группы по несущей способности при производстве по технологии радиального прессования возможно исключение арматурного каркаса. При этом несущая способность бетонных изделий остаётся на прежнем уровне. Это достигается за счёт более плотной структуры бетона. Отсутствие арматурного каркаса позволяет снизить затраты на производство изделий (стоимость материалов, трудозатрат на производство каркаса, амортизации оборудования) и как следствие на устройство трубопроводов.

Литература

1. Блоки железобетонные, обделки тоннелей метрополитена. Технические условия: СТБ 1288-2001 – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь. – 2001. – 11 с.
2. Изделия бетонные и железобетонные сооружений метрополитена. Технические условия: СТБ 1289-2001 – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь. – 2001. – 14 с.
3. Устинович А.В. О верхнем строении пути метрополитена / А.В. Устинович, В.А. Гречухин // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: С.Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. - Минск : БНТУ, 2020. - С. 137-139.

4. Шепелевич Н.И. Исследование вибрации обделки тоннеля метрополитена при упругом креплении рельсового пути / Н.И. Шепелевич, А.Л. Коноплицкий, А.В. Устинович // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол.: О.Н. Лешкевич [и др.]. - Минск, 2018. - Вып. 10. - С. 78-92.

5. Трубы бетонные и железобетонные безнапорные. Технические условия: СТБ 1163-2013 – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь. – 2013. – 20 с.

УДК 624.21(075.8)

ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ И ПУТИ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

М. Л. Берестевич¹⁾, В. А. Гречухин²⁾, Е. К. Мойсейчик²⁾, Е. А. Мойсейчик²⁾

¹⁾ Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», 4-й загородный пер., 60, 220073, г. Минск, Республика Беларусь,

²⁾ Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 146а, 220114, г. Минск, Республика Беларусь, emoisseitchik@mail.ru

Значительная часть мостовых сооружений, запроектированных в советское время, содержат различные дефекты, подвержены авариям, имеют срок службы, ниже нормативного. Повреждения и аварии мостовых несущих конструкций вызываются многими факторами, имеющими случайную природу. Их возникновение рассматривается как способ верификации в естественных условиях комплекса научно-технических, нормативных, технологических и управленческих решений и действий. Каждая авария (повреждение и т. д.) является результатом естественного эксперимента (испытания) мостового сооружения, проходящего при действии комплекса случайных нагрузок (механических, тепловых и др.) и воздействий (влажностных, химических, радиационных и др.), случайно изменяющихся во времени и длящихся от начала эксплуатации до возникновения фиксируемого события (повреждения, обрушения и т. д.). В статье с помощью статистических методов исследуются причины аварий автодорожных мостов, выявляются особенности аварийных нагрузок и воздействий на мосты, рассматриваются пути предотвращения отказов мостов и повышения их долговечности.

Ключевые слова: автодорожные мосты, несущие конструкции, повреждения, база данных, повреждения, выявление дефектов, комплексные неразрушающие методы.

Введение. На республиканских автомобильных дорогах Беларуси эксплуатируются 2273 мостовых сооружения. Из них 551 сооружение (24,2%) не соответствуют действующим нормативным требованиям по грузоподъемности и (или) габариту [1]. На сети местных автомобильных дорог не соответствуют этим требованиям 1102 моста (36,4 %) из общего количества 3025 мостов [1].

Большинство мостов Беларуси имеют малые и средние пролеты и выполнены из железобетона. Несущие пролетные конструкции указанных мостов, возведенные в 1958–1971 гг., в основном представляют собой сборные диафрагменные балочные строения. В последующие годы применялись типовые бездиафрагменные балки [2]. По расчетной схеме 70% железобетонных мостов относятся к балочному типу, а 30 % – к плитному [2]. Усилия от пролетных строений воспринимают и передают на фундаменты и грунты оснований опоры из железобетонных свай, стенок и стоек. Несущие конструкции больших мостов выполнялись из железобетонных балок коробчатого сечения, свай-оболочек и др. Пролетные и опорные несущие конструкции часто содержат повреждения, снижающие их работоспособность и долговечность. Срок службы этих объектов не соответствует нормативным значениям по различным причинам [2]. Жизненный цикл отдельных мостов