

Литература

1. Хрусталеv, Б. М. Пневматический транспорт / Б. М. Хрусталеv, Н. В. Кислов. – Минск: ООО «Информационная служба недвижимости», 1998. – 452 с.
2. Успенский, В. А. Пневматический транспорт / В. А. Успенский. – Изд. 2-е, доп. – Свердловск: Metallургиздат, Свердловское отделение, 1959. – 231 с.
3. Расчет установок пневмотранспорта: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А. С., Брус И. Д., Тураев Н. С.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 28 с.
4. Архипов, В. А. Движение частиц дисперсной фазы в несущей среде: учеб. пособие / В. А. Архипов, А. С. Усанина. – Томск: Изд. Дом ТГУ, 2014. – 252 с.
5. Сазонов, Э. В. Особенности расчета систем пневмотранспорта с учетом микроклимата помещений / Э. В. Сазонов, В. В. Шичкин // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 4(7). – С. 29–40.

УДК 697.3/4

Разновидности и конструкции покрытий станций Минского метрополитена и их теплофизические характеристики

Кононов Д. А.^{1,2}, Белениник О. И.^{1,2}, Сизов В. Д.¹.

¹ Белорусский национальный технический университет

² ОАО «Минскметропроект»

Минск, Республика Беларусь

В работе рассмотрены основные виды конструкций покрытий Минского метрополитена, состав конструкций их теплофизические характеристики. Рассмотрены теплофизические характеристики грунтовой засыпки и дорожных покрытий над станциями Минского метрополитена.

Минский метрополитен является метрополитеном мелкого заложения. Состоит из 3 линий, включающих в себя 33 станции, из которых 25 колонные станции и 8 односводчатые станции. На данный момент происходит строительство и проектирование еще 2 односводчатых станций и 8 колонных станций.

Виды покрытий станций Минского метрополитена. Станции метрополитена располагаться в густой жилой застройке. Чаще всего располагаются под проезжими частями либо под зелеными и пешеходными зонами.

Исключением является станция Вокзальная расположенная под торговым центром «Minsk City Mall».

Покрытия станций метрополитена можно разделить по способу возведения на монолитные и из сборных железобетонных элементов. Первые станции минского метрополитена возводились из сборного железобетона, что было связано с общими тенденциями строительства в СССР. Начиная с 90-х годов началось внедрение монолитных конструкций в связи с появлением бетонных насосов и многоразовых опалубок [1, с. 18; 2, с. 56].

Покрытия станций минского метрополитена можно разделить на 3 типа по конструктивным схемам, это сводчатое покрытие рис. 1, плоское ребристое покрытие рис. 2 и плоское покрытие рис. 3. Выбор применяемой конструктивной схемы покрытия связан с глубиной и местом расположения станции, а также с архитектурно-планировочными решениями.

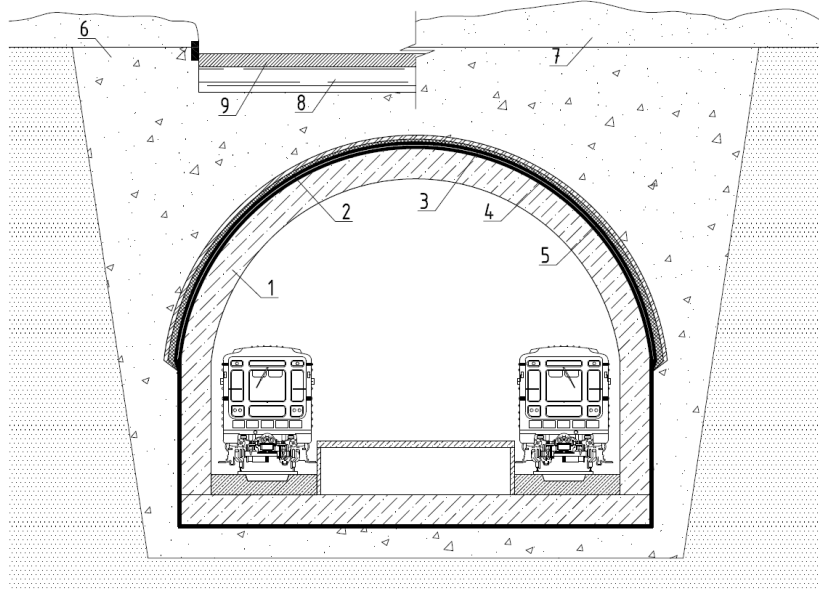
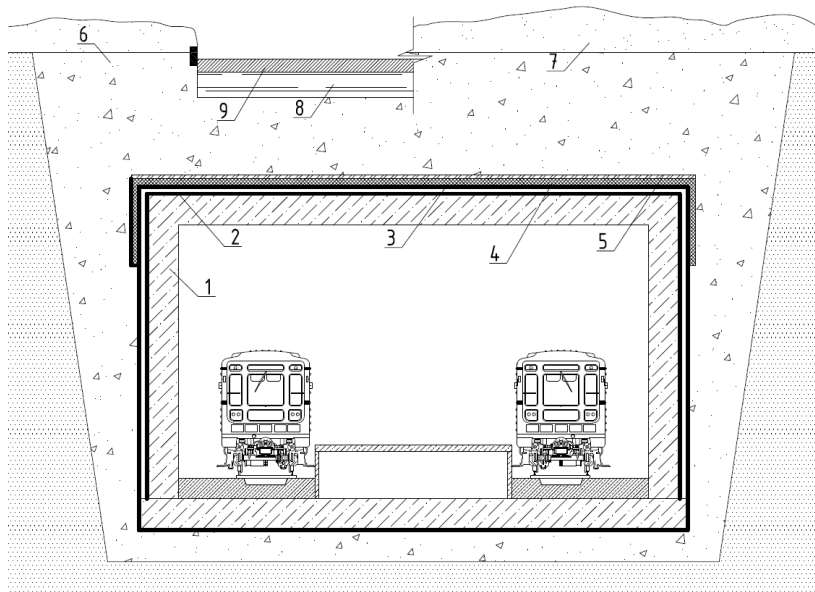
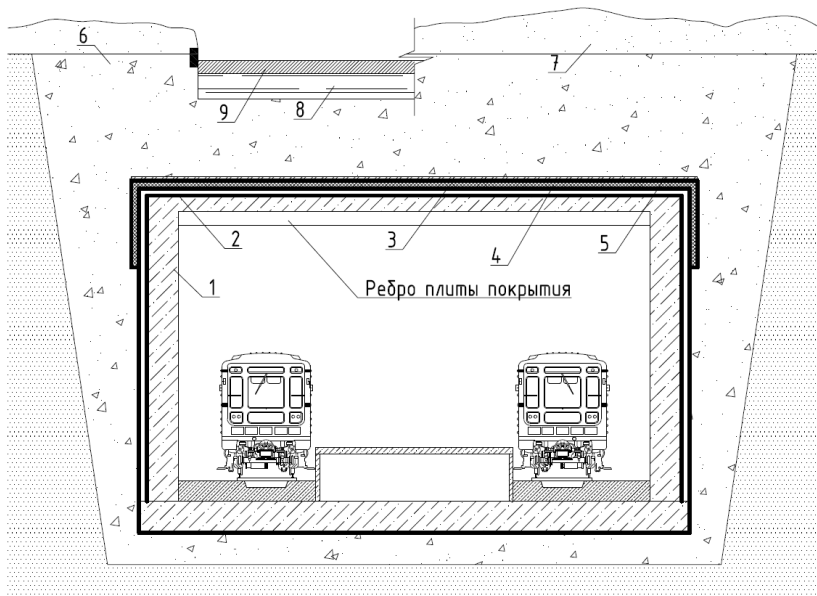


Рис. 1. Сводчатое покрытие

Виды конструкций покрытия станций Минского метрополитена.

Покрытие станций состоит из основных конструктивных элементов: железобетонная конструкция покрытия-1, гидроизоляция-2, пароизоляция-3, утеплитель-4, защитный слой из бетона-5, насыпной грунт-6, снежный покров-7, песчаная подготовка под дорожное полотно-8, дорожная конструкция-9.

Составные части конструкций можно разделить по типу материалов на:



Твердые капиллярно-пористые материалы:

Железобетонная конструкция. Железобетонные конструкции покрытий выполняются из железобетона с применением арматуры S250 и S500, и бетона марки С20/30. При использовании сборных железобетонных элементов швы между ними заполняют мелкозернистым бетоном класса С20/25. Толщина железобетонной конструкции варьируется от 250 до 450 мм.

Утеплитель. Для утепления покрытий ранее применяли тепло- и звукоизолирующие материалы по ГОСТ 17177-87. В настоящее время применяют экструдированный пенополистирол толщиной от 60 до 80 мм [3, с. 84].

Защитный слой из бетона. Защитный слой из бетона необходим для защиты гидроизоляции и утеплителя от механических повреждений. Выполняется толщиной 50-100мм из мелкозернистого бетона С20/25 армированного сеткой.

Дорожное покрытие. Виды дорожных покрытий различаются по назначению и применяемым материалам. Для автомобильного транспорта и тротуаров виды материала варьируются от асфальтобетона до бетонной тротуарной плитки.

Насыпные материалы либо замороженные материалы:

Насыпной грунт. Для засыпки станции и выхода на проектную отметку применяют гравийно-песчаную смесь глубиной засыпки от 1,2 до 10 м.

Снежный покров. В городе Минске по наблюдениям ГУ «Белгидромет» снежный покров варьируется в среднем от 15 до 30мм [4, с. 152].

Материалы в виде тонких слоев:

Гидроизоляция. В качестве гидроизоляции на первых станциях применялся гидроузел, наклеенный битумными мастиками, толщиной от 4-7мм. В настоящее время применяют многослойную гидроизоляцию из геотекстиля 4 мм и гидроизолирующей мембраны ПВХ 20мм и еще одного слоя геотекстиля 4 мм.

Пароизоляция. В качестве пароизоляции применяется полиэтиленовая пленка толщиной 0,2 мм [5, с. 66].

Теплофизическая характеристика состава покрытия. Все части прорывтия станции за исключением грунта имеют легко определяемые теплофизические характеристики.

Плотность железобетонной конструкции после набора прочности при влиянии атмосферных факторов климата меняется незначительно в условиях Минска. Плотности бетонов и железобетонов различной прочности приведены в таблицах [5, с. 19; 6, с. 32]. Гидроизоляция и теплоизоляция так же не изменяют своей плотности вовремя эксплуатации и приведены в таблицах [7, с. 231].

Влажность железобетонного покрытия зависит от параметров приходящего на станцию воздуха, так как воздух является основным источником влаги в покрытии. Способность железобетона поглощать влагу зависит от пористости материала и его структуры, а также от вида декоративной отделки покрытия. Изменения влажности теплоизоляции минимальна и не должна изменяться в течении эксплуатации благодаря ее гидрозащите. Попадание влаги из грунта в большом количестве не рассматривается, так как не является эксплуатационным случаем.

Коэффициент теплопроводности и теплоемкости всех применяемых материалов покрытия имеет различное значение в разный период времени, так как теплопроводность сухого материала и с наличием влаги в виде пара или жидкости в порах значительно изменяет его. Наличие в порах покрытия воды в виде льда не рассматривается, так как не является эксплуатационным случаем. Теплопроводность и теплоёмкость материалов покрытий станции метрополитена при различных условиях представлены в таблицах [8, с. 72].

Следует учитывать, что при рассмотрении покрытий из сборных железобетонных конструкций структура покрытия неравномерна и имеет швы из бетонного раствора имеющие отличные характеристики от железобетонного элемента покрытия.

Теплофизические характеристики остальных слоев покрытия принимаем сплошными и однородными.

Теплофизическая характеристика грунтов. Для засыпки станций метрополитена применяют песчаные и глинистые насыпные грунты. Так как глубина промерзания грунта в городе Минске по расчёту [9, с. 2] составляет 1,2 метра, а глубина засыпки с учетом дорожного полотна минимально от 1,5 м. Грунты следует рассматривать как промерзающие и протаивающие сезонно [10, с. 23; 11, с. 44]. Теплофизические свойства грунтов зависят от их криогенной текстуры. Плотность насыпного грунта можно принять за плотность песчано-гравийной смеси.

Влажность таких грунтов нужно рассматривать как сумму из нескольких составляющих: влажность за счет ледяных включений, влажность за счет льда-цемента (порового льда), влажность за счет незамерзшей воды, содержащейся в мерзлом грунте при данной отрицательной температуре, влажность минеральных прослоек или макроагрегатов, заключенных между ледяными включениями. Влажность грунта зависит от места строительства и климатических факторов региона строительства.

Льдистость грунта рассматривается как сумма льдистости за счет ледяных включений и льда-цемента. Для насыпного грунта наличие ледяных включений маловероятно и льдистость будет формироваться за счет льда-цемента. Льдистость зависит от влажности и пористости грунта.

Засоленность грунта является отношением веса скелета частиц грунта к весу водорастворимых солей, содержащихся в грунте. Песок называется засоленным если содержание в нем водорастворимых солей больше 0,1 %.

Коэффициент теплопроводности и теплоемкости грунта напрямую зависит от типа грунта, его пористости, влажности, засоленности и льдистости. Некоторые данные о коэффициенте теплопроводности и теплоемкости насыпных грунтов при различных условиях представлены в следующих публикациях. [12; 13, с. 7; 10, с. 2; 14; 15, с. 15].

Теплофизические характеристики грунтов при нестационарных условиях изменяются в значительных диапазонах. Это необходимо учитывать при определении теплофизических свойств в срезе сезонных процессов в перекрытии станций метрополитена.

Выводы

В настоящее время выработаны основные конструктивные схемы для трех видов покрытий, однако теплофизических требований в нормативных документах к ним в Республики Беларусь и в других странах не предъявляется. Данный факт является упущением и требует дополнительного уточнения.

Литература

1. Калиничев, В. П. Метрополитены / В. П. Калиничев. – М.: Транспорт. – 1988. – 280 с.
2. Фролов, Ю. С. Метрополитены на линиях мелкого заложения новая концепция строительства / Ю. С. Фролов. Ю.Е. Крук. – М.: ТИМП, 1994. – 244 с.
3. Цодиков, В. Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов / В. Я. Цодиков. – Изд. 2-е., переработанное и дополненное. – М.: НЕДРА. – 1975. – 568 с.
4. СП 2.04.01-2020 «Строительная теплотехника». – Минск: – 2021. – 73 с.
5. Франчук, А. У. / А. У. Франчук. – Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. – М.: Стройиздат. – 1949. – 186 с.
6. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М.: Энергия. – 1977. – 356 с.
7. Чиркин, В. С. Теплофизические свойства материалов / В. С. Чиркин. – М.: Государственное издательство Физико-математической литературы. – 1959. – 356 с.
8. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». – М. – 2012. – 26 с.
9. Леонович, И.И. Глубина промерзания грунтов-важнейший фактор водно-теплового режима земляного полотна = Depth of soil freezing-a de-

termining factor of the water-heat regime of the roadbed / И.И. Леонович, Н.П. Вырко. – Строительная наука и техника. – 2011. – № 5. – С. 27–35.

10. Лысенко, М. П. Состав и физика-механические свойства грунтов / М. П. Лысенко. – М.: «НЕДРА». – 1980. – 272 с.

11. Руководство по определению физических, теплофизических и механических характеристик мерзлых грунтов. – М.: Стройиздат. – 1973. – 13 с.

12. ОДМ218.2.061-2015 Рекомендации по определению теплофизических свойств дорожно-строительных материалов и грунтов. – Москва. – 2015. – 74 с.

13. Михайлузова, Т. Н. Физические свойства теплоизоляционных материалов и конструктивные способы теплоизоляции помещений / Т. Н. Михайлузова [и др.]. Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». – Вып. 8. – 2016. – С. 45–55.

14. Гаврильев, Р. И. Определение теплофизических характеристик мерзлых грунтов расчетным методом/ Р. И. Гаврильев, Г. П. Кузьмин. – Наука и образование. – Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2009. – № 4 – С. 52–59.

15. СНиП II-A6—72. Строительные нормы и правила. Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат. – 1972. – 320 с.

УДК 697.3/4

Структура и виды ограждающих конструкций тоннелей Минского метрополитена и их теплофизические характеристики

Белениник О. И.^{1,2}, Кононов Д. А.^{1,2}, Сизов В. Д.¹

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «Минскметропроект»

Минск, Республика Беларусь

В работе рассмотрены виды тоннелей Минского метрополитена, их конфигурация, способы прокладки и конструкции обделки, теплофизические характеристики обделки и грунтов.

Метрополитен – это вид городского скоростного внеуличного железнодорожного транспорта, линии которого прокладываются в подземных тоннелях, по поверхности земли и на эстакадах [1, с. 5]. От других видов городского пассажирского транспорта метрополитен отличается высокой скоростью и регулярностью движения маршрутных поездов, а также большой провозной способностью. Метрополитен является наиболее эффективным видом общественного транспорта для крупных городов.