

а) объем, полученный в программе AutoCAD, отличается от объема, полученного в программе Surfer на $\pm 0,1\%$, что не влияет на общий подсчет добычи. Следовательно, точность определения объема в программах AutoCAD и Surfer является равноценной;

б) подсчет объема одной загрузки в программе AutoCAD занимает один час, при этом автоматизируется только расчет площади сечения. Объем горной массы считают вручную, с помощью микрокалькулятора. Подсчет объема в программе Surfer производят в течение 5-10 минут, при этом получают *фактический объем* горной массы в транспортном сосуде. Разница в производительности программ очень большая.

Таким образом, решена задача осуществления оперативного контроля над правильностью загрузки транспортного средства. Исходя из вышесказанного, можно рекомендовать использование программы Surfer для определения объема горной массы в транспортном сосуде и осуществления оперативного контроля над правильностью его загрузки, а программу AutoCAD использовать только для построения карт загрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синянян Р.Р. Маркшейдерское дело. -: Недра, 1982.

УДК 625.123.033.3

Канд. техн. наук В.В. Говоруха,
инж. С.А. Лопакон
(ИГТМ НАН Украины)

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДРЕЛЬСОВОГО ОСНОВАНИЯ И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

Стаття присвячена проблемам стійкості земляного полотна та підрейкової основи в умовах постійного збільшення вантажнапруженості та осьових навантажень, піднімаються питання застосування геосинтетичних матеріалів, гравійно-пісчаної та гарячої асфальтової суміші для підвищення стійкості цих елементів рейкової колії. Надаються результати випробувань щодо використання цих матеріалів.

PROBLEMS OF STABILITY OF SUBRAIL FOUNDATION AND EARTHEN LINEN OF RAIL WAY

The article is devoted to the problems of firmness of earthen linen and subrail basis in the conditions of permanent increase of weighttension and axial loadings, the questions of application of geosyntetik materials are affected, hoggin-sand and hot asphaltic mixture for the increase of firmness of these elements of rail track. The results of tests in relation to the use of these materials are given.

Эти проблемы появились с постройкой первых железных дорог, а с увеличением скорости движения, грузонапряженности и осевых нагрузок – становятся в ряд наиболее важных, которые требуют современных научных и производственных решений.

Проблемы устойчивости земляного полотна актуальны как для магистральных, так и для промышленных и рудничных железных дорог. Одна из основных причин нарушения геометрии железнодорожного пути – снижение несущей способности земляного полотна. Без применения защитных мер путь, уложенный на слабом грунте, подвергается значительным деформациям при прохождении подвижного состава с большими осевыми нагрузками, что, в свою очередь, приводит к увеличению расходов по текущему содержанию и ремонту пути, длительным перерывам в движении поездов, а в некоторых случаях – к сходам подвижного состава с рельсов.

Одной из причин ослабления путевой структуры является недостаточная прочность и устойчивость земляного полотна. Именно на него передается статическая нагрузка от собственного веса элементов верхнего строения пути и временная динамическая нагрузка от проходящего подвижного состава. Кроме этого земляное полотно работает постоянно в тяжелых условиях: под действием атмосферных осадков и грунтовых вод; в режимах попеременного промерзания и оттаивания, под действием ветровой эрозии (особенно песчаные грунты). Все это ведет к снижению несущей способности земляного полотна. Также снижается несущая способность из-за разрушения фракций щебня в балластном слое и дальнейшее снижение фильтрационных свойств балласта, и засорение дренажных устройств, и, как следствие, невозможность выполнения балластом своих основных функций – отвода воды от земляного полотна и распределение нагрузок от подвижного состава. Также большое значение имеет подготовка грунта, из которого отсыпается земляное полотно и его уплотнение, так как строительство многих промышленных и рудничных дорог проводилось в то время, когда специальная техника для уплотнения грунта широкого применения для этих целей не имела.

Для повышения устойчивости существует несколько методов восстановления несущей способности пути. Одним из таких методов является подрезка балласта, однако этот способ зачастую не дает желаемого эффекта, так как при этом не проводится очистка и восстановление дренажных устройств, основной площадки земляного полотна. При подрезке балластной призмы нужно параллельно проводить очистку плеч балластной призмы, кюветов, дренажей. [4]

Другим, более эффективным способом, является применение различных разделительных материалов, которые укладываются между балластным слоем и основной площадкой земляного полотна и препятствуют попаданию дождевых вод на основную площадку земляного полотна, а так же не допускают проникновение и смешивание частиц земляного полотна с балластным слоем.

Для повышения устойчивости земляного полотна в качестве защитного слоя могут применяться следующие материалы: защитный слой из гравийно-песчаной смеси, из горячей асфальтовой смеси, с использованием геосинтетических материалов на основе геотекстиля.

Улучшение устойчивости пути можно также достигнуть путем искусственного закрепления частиц эластомерными материалами, которые создадут дополнительные удельные силы сцепления, которые в составе с силами сопротив-

ления от удельного трения, при этом общее удельное сопротивление перемещению частиц значительно возрастет. [1]

Для защиты земляного полотна требуются достаточно плотные материалы, которые должны соответствовать следующим требованиям:

- для защиты слабого земляного полотна от перегрузки;
- для защиты от промерзания;
- для фильтрации между балластом и земляным полотном;
- для защиты земляного полотна от атмосферных вод.

Для защиты грунта от промерзания необходимо ограничить процентное содержание мелких частиц и распределять неравномерно фракции по размерам, чтобы предотвратить застаивание воды в верхнем слое или земляном полотне, замерзание которой может привести к вспучиванию грунта. Для этого необходимо предотвратить попадание глинистых частиц земляного полотна в балластный слой.

Для разделения балластного слоя и основной площадки земляного полотна уже более 20 лет используются геосинтетические материалы на основе геотекстиля.

Известно, что разделительная функция геотекстиля заключается в предотвращении проникновения фракций балласта в земляное полотно. С другой стороны, геотекстиль предотвращает попадание частиц земляного полотна в балласт и тем самым его загрязнение и снижение несущей способности. Дренажная функция геотекстиля заключается в пропуске через него грунтовых вод из земляного полотна вверх к поверхности путевой структуры. Поскольку накопление воды под геотекстилем может привести к ослаблению земляного полотна, его делают водопроницаемым.

Существует ошибочное мнение, что геотекстиль должен быть проницаемым и для пропуска дождевой воды из балласта в основание пути, однако когда дождевая вода доходит до геотекстиля, ее необходимо отвести на обочину пути в дренажный кювет, так как пропуск воды в земляное полотно снижает несущую способность земляного полотна.

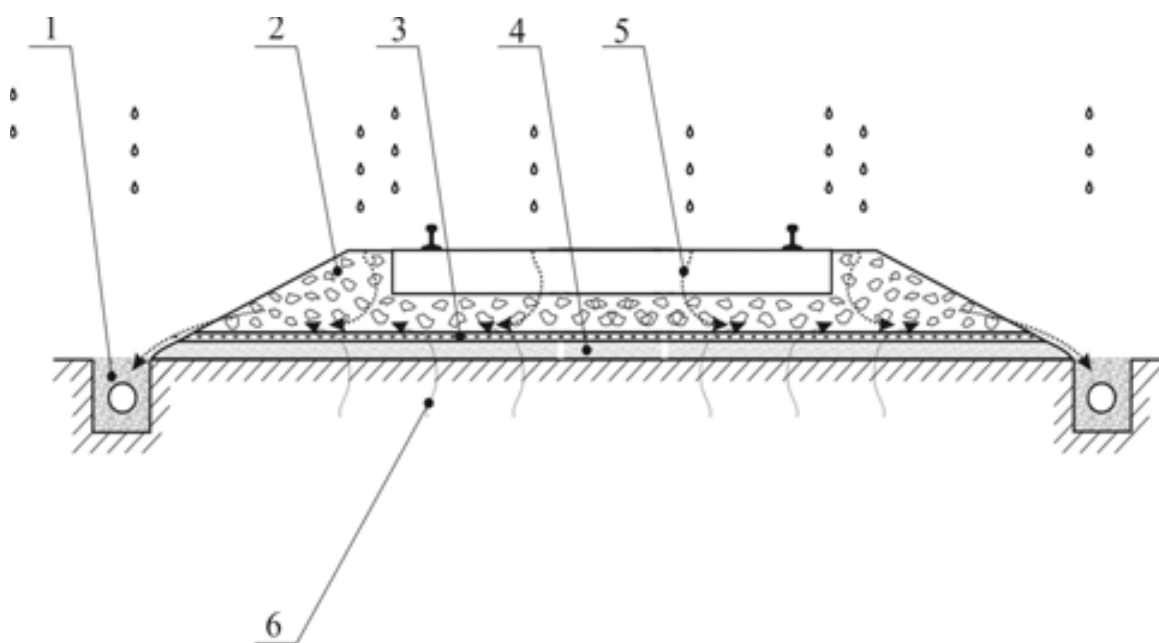
В зависимости от несущей способности и однородности грунта, из которого отсыпано земляное полотно, от уровня грунтовых вод под земляным полотном используются разные марки геотекстиля.

Хорошо структурированный геотекстиль, например марки RW1, изготавливаемый британской компанией Terram, позволяет грунтовым водам легко выходить вверх под давлением от проходящих поездов. Однако во время дождя наличие геотекстиля способствует тому, чтобы проникающая через балласт вода не попадала на основную площадку земляного полотна, а отводилась в дренажные кюветы.

В нормальном статическом состоянии и при нормальной работе дренажа частицы вязкого глинистого и илисто-глинистого грунта перекрывают мелкие поры, но в то же время вода может дренировать через них. В динамическом состоянии под воздействием проходящего подвижного состава под балластным слоем возникает явление подсоса. В результате под действием пульсирующей

динамической нагрузки глинистые и илистые частицы грунта стремятся проникнуть вверх, в балластный слой. Укладка геотекстиля на глинистый или илистый грунт под балластом может замедлить проникновение частиц грунта в балласт, но не предотвратить его полностью.

Наиболее эффективным техническим решением по предотвращению загрязнения балласта частицами глинистого и илистого грунта является укладка подбалластного защитного слоя из сортированного мелкого песка, поверх которого укладывается геотекстиль (рис. 1). Мелкий песок не допускает попадания илисто-глинистых грунтов в геотекстиль, а геотекстиль предотвращает смешивание песка с балластом. При этом размер пор в геотекстиле должен быть близок к размерам частиц мелкого песка, чтобы обеспечить соответствующую водопроницаемость. Если поры будут меньше, возникнет значительное сопротивление водному потоку. Достаточная для эффективной фильтрации толщина песчаного слоя составляет 15 мм, однако, на практике такой слой укладывается толщиной не менее 50 мм. Такое техническое решение применяется на влажных грунтах при высоком уровне грунтовых вод, в том числе артезианских, что особенно актуально для обеспечения водоотвода в выемках. Применение геотекстиля позволяет уменьшить толщину защитного песчаного слоя и тем самым снизить стоимость текущего содержания и ремонтов пути.



1 – дренажный кювет, 2 – балластный слой, 3 – слой геотекстиля RW1, 4 – подбалластный слой из мелкого песка, 5 – направление фильтрации атмосферных вод, 6 – направление фильтрации грунтовых вод

Рис. 1 – Схема поперечного профиля рельсового пути с укладкой геотекстиля марки RW1

Если уровень грунтовых вод под земляным полотном не выше 600 мм, то снижение давления с помощью укладки водопроницаемого слоя геотекстиля не требуется. Вместо этого целесообразно использовать водонепроницаемую мембрану, так как помимо отделения грунта от балласта, она защищает земляное

полотно от проникновения дождевой воды.

В таких случаях оптимальным решением является укладка композитного материала Terram марки RW3, в основе которого лежит гибкая и плотная водонепроницаемая пленка, защищенная сверху и снизу геотекстилем марки RW1. Его легко доставлять к месту работ и быстро укладывать, что является большим преимуществом по сравнению с сочетанием песчаного слоя и однослойного геотекстиля, так как не требуется «окон» большой продолжительности. При этом проникающая из балластного слоя вода стекает по пленке на обочину пути в дренажные кюветы.

Следует учитывать, что не все загрязняющие балласт частицы проникают снизу из земляного полотна. Под действием динамической нагрузки от проходящих поездов со временем происходит абразивное истирание балластного слоя, и в нем самом образуются илистые частицы, которые снижают несущую способность балластного слоя, вследствие чего требуется очистка или замена балластного слоя. Образование илистых частиц в балласте приводит к снижению дренажных функций балласта, так как вода удерживается в нем. Для устранения этого явления компания Terram разработала материал марки RW2, который представляет собой дренажную сетку, уложенную между двумя слоями геотекстиля RW1. Terram RW2 обеспечивает поперечный отвод воды у основания балластного слоя, и, несмотря на истирание балласта, его дренажные свойства сохраняются. Структура RW2 обеспечивает высокую сопротивляемость прокалыванию.

В настоящее время геотекстиль данной марки широко применяют при реконструкции магистральных железнодорожных линий в Великобритании.

Для ситуаций, когда грунт земляного полотна слаб или неоднороден, то для обеспечения несущей способности основания пути компанией Terram создан композитный материал марки RW4. В его состав входят геотекстиль марки RW1 и жесткая геосинтетическая решетка Tensar SS40. Результаты испытаний показали, что геосинтетическая решетка увеличивает жесткость подрельсового основания и снижает интенсивность осадки пути до уровня, соответствующего земляному полотну из стабильных грунтов. Кроме этого, снижается и упругая осадка, что способствует обеспечению равножесткости пути по его длине.

В настоящее время Terram ведет разработку геотекстильного материала новой марки RW5, детектируемого радаром. Применение радара позволит значительно повысить точность контроля состояния пути и тем облегчить и снизить стоимость работ по содержанию земляного полотна. [3]

Наряду с применением геотекстиля в качестве защитного слоя может применяться гравийно-песчаная смесь.

Впервые защитный слой из гравийно-песчаной смеси был применен в Германии в 1930-х годах. Результаты проведенных исследований по оценке эксплуатационной надежности гравийно-песчаных слоев через 20 лет подтвердили высокую эффективность слоев из данного материала.

Используемый в настоящее время в Австрии и Германии защитный слой из гравийно-песчаной смеси, которая содержит 7% воды и должна быть уплотнена

до показателя плотности 100% по Проктору (Proctor). В данном случае применяют классический метод, согласно которому для укладки нового защитного слоя земляного полотна закрывают перегон на две недели, снимают рельсошпальную решетку, выгребают загрязненный балласт и часть грунта земляного полотна, укладывают защитный слой из гравийно-песчаной смеси с применением типовой дорожно-строительной техники, вновь укладывают рельсошпальную решетку и отсыпают балласт. Основные недостатки этого метода заключаются в необходимости прекращения движения поездов на длительное время и в затруднениях для работы техники, которая во время отсыпки защитного слоя вынуждена двигаться по слабому земляному полотну.

В 1984 году компания Plasser & Theurer разработала первую машину РМ 200 для восстановления земляного полотна. Она выгребает балласт и грунт земляного полотна под существующим путем, перегружая загрязненный материал в специальные вагоны, которые находятся спереди машины, укладывает гравийно-песчаную смесь вслед за выгребным транспортером, разравнивает и уплотняет ее, отсыпает первый слой нового балласта и подбивает его с помощью встроенного подбивочного узла непрерывного действия. После этого можно сразу открывать движение поездов со скоростью 70 км/ч.

Преимущество нового метода – возможность ежедневного выполнения работ в «окно» длительностью 10 ч, обеспечение достаточного уплотнения однородного защитного слоя, сокращения продолжительности работ на 1/3 по сравнению с прежним методом. Анализ затрат показал примерно одинаковую стоимость работ по новому и прежнему классическому методам. Однако если учесть потери, связанные с перерывами в движении поездов, экономическая выгода от применения машины РМ 200 становится очевидной.

В 1994 году эта же компания разработала машину типа АНМ 800 для железных дорог Австрии. Она предназначена для восстановления земляного полотна и оснащена встроенным агрегатом для переработки и повторного использования балластного материала. Машина работает в том же режиме, что и РМ 200, но в отличие от нее балластный материал верхнего слоя направляется в дробильную установку и сортируется до необходимого размера фракций, для того, чтобы его можно было использовать в качестве материала для защитного слоя. При этом достигается значительная экономия материала (около 2,7 т на 1 км пути) и значительно снижаются затраты на транспортировку балласта и материала для защитного слоя. [4]

Для повышения устойчивости земляного полотна в качестве защитного слоя на слабом грунте может также использоваться горячая асфальтовая смесь.

Этот метод способен обеспечить требуемую несущую способность, уменьшить нагрузки на нижележащий грунт, создать водонепроницаемый слой между балластом и земляным полотном, предотвратить проникновение воды и грязи в земляное полотно, улучшить геометрические характеристики пути.

Однако, если при укладке защитного слоя не уплотнять земляное полотно, асфальтовую смесь, не предусмотреть сооружение и нормальную работу дренажных устройств, то защитный слой из горячей асфальтной смеси будет под-

вержен сдвигу и растрескиванию, не обеспечивая при этом устойчивость земляного полотна.

Асфальтовая смесь должна быть уплотнена, и при нормальной плотности содержание воздуха не должно превышать 1-3 %. Иначе в асфальтной смеси образуются пустоты, и она не сможет обеспечить водонепроницаемость, так как вода будет заполнять пустоты. А также недостаточно уплотненный слой асфальтовой смеси подвержен деформациям и ломкости.

Эффективность применения горячей асфальтовой смеси подтверждено при эксплуатации участков на магистральных железных дорогах США, где в качестве защитного слоя была применена данная смесь.

Для проведения испытаний данной конструкции защитного слоя на полигоне FAST TTC в США было выделено два участка длиной по 105 м каждый, на которых уложили горячую асфальтовую смесь, на одном участке толщиной 100 мм, на другом – 200 мм. По всей длине участка между земляным полотном и горячей асфальтовой смесью располагался подбалластный слой толщиной 100 мм. Слой балласта над асфальтовой смесью имел толщину 300 мм, где толщина слоя смеси была равна 100 мм, и 200 мм там, где толщина слоя смеси была равна 200 мм. Таким образом, суммарная толщина слоев балласта и асфальтовой смеси на всем участке была одинакова и составляла 400 мм, а с учетом подбалластного слоя – 500 мм.

Предварительные испытания показали, что при применении обычного щебеночного балласта толщиной 450 мм на неустойчивом грунте земляного полотна при осевых нагрузках, превышающих 35 т/ось, возникали значительные напряжения, которые приводили к его быстрой деформации, при этом приходилось часто проводить работы по балластировке и выправке пути.

Результаты испытаний при статической нагрузке от колес подвижного состава, равной 180 кН следующие. Средние значения модуля пути при наличии слоев асфальтовой смеси толщиной 100 и 200 мм существенно увеличились с 14 МПа и составили 19,6 и 23,1 МПа соответственно, по сравнению с участком пути без укладки защитного слоя из асфальтовой смеси. А напряжения в грунте значительно снизились при укладке слоев из данной смеси с 84 кПа (без укладки асфальтового слоя, со слоем щебня 450 мм), до 56 и 49 кПа соответственно (для асфальтовых слоев, толщиной 100 и 200 мм).

Также были произведены измерения осадки пути после пропуска определенного тоннажа. После пропуска 135 млн. т. брутто осадка пути составила 41 мм при толщине слоя асфальтовой смеси 100 мм и 33 мм при толщине 200 мм. При этом осадка была равномерной вдоль и поперек пути (в основном вследствие деформации балластного слоя) и выполнения работ по выправке пути не требовалось. При наличии только щебеночного балластного слоя толщиной 450 мм на участке, имеющим грунт, из которого отсыпано земляное полотно, как и на первых двух участках, где был уложен защитный слой, выправка и подбивка требовались после пропуска каждых 15 млн. т брутто. Зависимость осадки пути от пропущенного тоннажа показана на рис. 2.

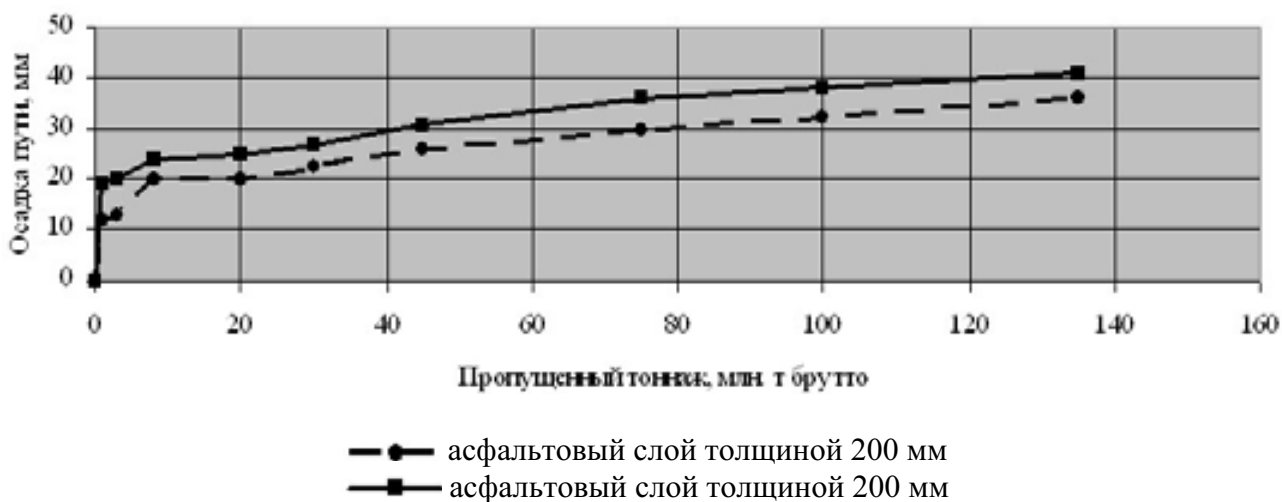


Рис. 2 – Осадка пути после пропуска определенного тоннажа:

Применение горячей асфальтовой смеси позволило решить проблему неустойчивости основания пути. В целом наличие асфальтового слоя на участках дало возможность увеличить в 10-20 раз интервалы между работами по выправке пути. В настоящее время профилактическая выправка пути проводится 1 раз в год.

Опыт применения горячей асфальтовой смеси при укладке в качестве защитного слоя в местах с неустойчивыми грунтами показал существенное улучшение состояния пути даже при большой грузонапряженности линии и больших осевых нагрузках. [2]

Выводы.

Как показывает опыт зарубежных специалистов, применение геосинтетических материалов, гравийно-песчаной и горячей асфальтовой смесей значительно повышают устойчивость подрельсового основания и земляного полотна рельсового пути. Но при применении вышеуказанных конструкций на рельсовых путях промышленных предприятий, шахт, карьеров могут возникать трудности главным образом связанные с укладкой и транспортировкой к месту укладки вышеуказанных материалов. Так, например, горячую асфальтовую смесь достаточно проблемно доставлять к месту укладки, особенно в карьерах, также могут возникнуть трудности при укладке смеси.

Применение геосинтетических материалов в качестве защитного слоя земляного полотна – более перспективный вариант, так как, кроме того, что данные материалы значительно проще транспортировать и укладывать в путь, они обеспечивают наилучшее водоотведение с основной площадки земляного полотна как атмосферных, так и грунтовых вод, что очень актуально в горных разработках. Гравийно-песчаная смесь при отводе грунтовых вод работает хуже, чем геотекстиль. Однако нормальное функционирование защитного слоя из любого вышеперечисленного материала возможно лишь при наличии и содержании в исправном состоянии дренажных и водоотводных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Говоруха В.В. Физико-технические основы создания элементов рельсового транспорта шахт и карьеров. – К.: Наукова думка, 1992.- 200 с.

2. Д. Литал. Применение горячей асфальтовой смеси в пути на слабых грунтах // Железные дороги мира. М. № 1. – 2003. – С. 63-66.
3. Т. Джей. Геосинтетические материалы с улучшенными функциональными характеристиками // Железные дороги мира. Журнал. М. № 2, 2003. – С. 65-66.
4. Д. Литал. Проблемы устойчивости пути Железные дороги мира. Журнал. М. № 12, 2003. – С. 69-71.

УДК 656.22:519.674

Канд. техн. наук В.В. Говоруха,
інж. Д.К. Овчаренко
(ІГТМ НАН України)

ОПТИМІЗАЦІЯ ЦИКЛІЧНИХ МАРШРУТІВ РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОТЯГІВ

Стаття посвящена розробці методології побудови оптимальних циклічних маршрутів залізничного транспорту. Авторами розроблена і детально описана методологія побудови маршрутів руху вантажних поїздів. При цьому основними проблемами, які розглядаються в статті, є обґрунтування вибору методу побудови циклічного маршруту з точки зору його ефективності, розробка алгоритму побудови оптимальних маршрутів і реалізація цих алгоритмів на ЕВМ.

OPTIMIZATION OF CYCLIC ROUTES OF MOTION OF FREIGHT TRAINS

The article is devoted to development of methodology of construction of optimal cyclic routes of railway transport. By authors is developed and methodology of construction of routes of motion of freight trains is written up. Thus by basic problems, which are examined in the article there is the ground of choice of method of construction of cyclic route from point of his efficiency, development of algorithm of construction of optimum routes and realization of these algorithms on computer.

Залізничному транспорту належить провідна роль у перевізних процесах здійснюваних транспортною системою України. Його питома вага в загальному вантажообігу всіх видів транспорту України на сьогодні становить 89,1 %. Вантажообіг у 2002 р. досяг 193,1 млрд. т-км, що на 8,8% більше в порівнянні з 2001 р. За сім місяців 2003 р. обсяги перевезень залізницями збільшилися на 13,4%, відправлення вантажів – на 9,4% і продовжують зростати [1, 2].

Як свідчить практика циклічні маршрути руху потягів є досить розповсюдженими і тому побудова раціональних маршрутів є дуже актуальною проблемою. Серед усіх циклічних маршрутів має сенс виділити побудову маршруту вантажного потягу, який доставляє сировину по місцях її споживання.

Задача, яка розглядається у статті, полягає в наступному: вантажний потяг призначено для перевезення вугілля із Донецького басейну між містами Кіровоград, Кривий Ріг, Запоріжжя, Дніпропетровськ, Полтава, Харків, Луганськ (рис. 1).

Потяг завантажують у Донецьку і він об'їжджає міста, де його поступово розвантажують, і після цього повертається знову у Донецьк під нове завантаження. Головною умовою для маршруту потягу є те, що він має за один цикл доставити