

П. В. КОВТУН, кандидат технических наук, Т. А. ДУБРОВСКАЯ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, Н. Н. КРАВЧЕНКО, Е. В. НИКИТИН, Белорусская железная дорога, г. Гомель

## ПУТЕЙСКИЕ АСПЕКТЫ КОНТЕЙНЕРНЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Перевозка леса является важным элементом лесопромышленной деятельности требует эффективной транспортной системы для доставки лесоматериалов от места заготовки к месту использования. Одним из способов такой доставки леса является контейнерная перевозка, которая представляет собой транспортировку леса в стандартных контейнерах. В связи с этим актуальной задачей при использовании контейнеров для транспортировки пиломатериалов является определение массы, длины вагона и типа локомотива при движении по фронтам загрузки.

Современная экономика Республики Беларусь, продолжая развиваться, вместе с тем имеет определенные трудности. В силу различных причин на первое место выходят грузовые железнодорожные перевозки на дальние расстояния, например, в Китай, республику Средней Азии и т. д. Такие перевозки характеризуются неоднородностью товаров, многократным его перегрузом, использованием различных видов транспорта и т. д. Всё это приводит к целесообразности использования тары, в которой можно перемещать товары без перегруза, т. е. контейнерам.

Как известно, Республика Беларусь является страной, богатой природными ресурсами, в т. ч. лесами. Значительное место в экономике страны занимают продукты деревообработки. Перевозка леса является важным элементом лесопромышленной деятельности, которая требует эффективной транспортной системы для доставки лесоматериалов от места заготовки к месту использования. Одним из способов такой доставки леса является контейнерная перевозка, которая представляет собой транспортировку леса в стандартных контейнерах.

Преимущества контейнерной перевозки леса.

1 Эффективность транспортировки. Контейнерная перевозка леса позволяет перевозить большее количество лесоматериалов за меньший период времени, чем другие методы перевозки, такие как полувагоны и вагоны или грузовые автомобили. Контейнеры могут быть загружены на железнодорожные платформы, автомобильные прицепы или суда, что обеспечивает гибкость в выборе транспортного средства для перевозки леса.

2 Защита от повреждений. Контейнерная перевозка леса позволяет защитить лесоматериалы от повреждений во время перевозки. Контейнеры могут быть оборудованы специальными приспособлениями для фиксации грузов, что обеспечивает устойчивость груза во время транспортировки. Кроме того, контейнеры защищают груз от воздействия погодных условий, таких как дождь или снег.

3 Экономическая эффективность. Контейнерная перевозка леса позволяет сократить затраты на транспортировку благодаря увеличению грузоподъемности транспортных средств. Кроме того, стандартизация контейнеров позволяет снизить расходы на упаковку и загрузку лесоматериалов.

4 Экологическая эффективность. Контейнерная перевозка леса может иметь меньшее влияние на окружающую среду, чем использование обычного подвижного состава или автомобилей.

Вместе с тем имеются и некоторые недостатки контейнерной перевозки леса.

1 Высокие затраты на оборудование. Для контейнерной перевозки леса требуется специальное оборудование, такое как краны для загрузки и разгрузки контейнеров, что может привести к дополнительным затратам.

2 Ограниченность по объему. Стандартные контейнеры имеют определенные габариты, что ограничивает объем леса, который может быть перевезен в одном контейнере. Это может привести к использованию дополнительных контейнеров или других методов перевозки.

3 Проблемы с доступом. Контейнеры не всегда могут быть доставлены к месту загрузки или разгрузки из-за ограничений в доступе к месту. Это может привести к необходимости дополнительной транспортировки груза от и до места, где контейнер загружается или разгружается.

Контейнерные грузоперевозки предполагают определенные требования к лутевому развитию грузовых фронтов. Это связано с увеличенной длиной фитинг-платформ (рисунок 1), использованием специальных погрузочно-разгрузочных средств, логистики складирования и др. При увеличении массы груза повышаются требования к тяговому подвижному составу. Кроме того, большое значение имеют эксплуатационные параметры пути (уклоны профиля, криволинейные участки в плане, состояние элементов пути и т. д.).

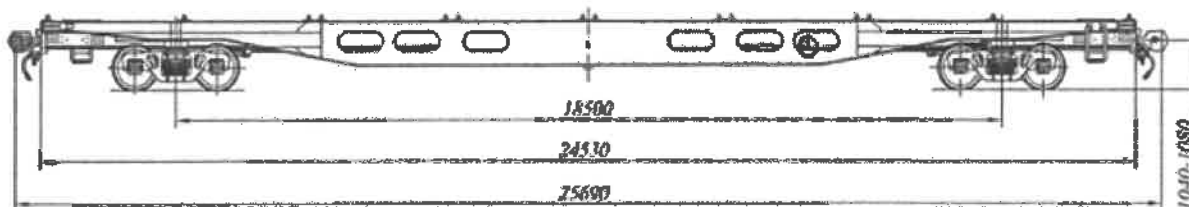


Рисунок 1 – 4-осная фитинг-платформа для крупнотоннажных контейнеров (модель 13-1796)

В настоящее время предприятия различных форм собственности с целью получения экономической выгоды быстро реагируют на изменяющуюся конъюнктуру рынка, в том числе и на логистику доставки грузов.

Кафедрой «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов» Белорусского государственного университета транспорта для ООО «БелСОТРА» (г. Минск) было произведено обследова-

ние путей необщего пользования с целью увеличения грузовых фронтов для использования контейнеров при транспортировке пиломатериалов.

Исходные данные: путь необщего пользования с максимальным продольным уклоном 13 ‰ в грузовую сторону и криволинейными участками в плане радиусом 350 м; скорость движения состава на пути – 15 км/ч, по фронтам – 5 км/ч; применяемые локомотивы ТМЭ-1, ТМЭ-2, ЧМЭ-3 (рисунок 2).

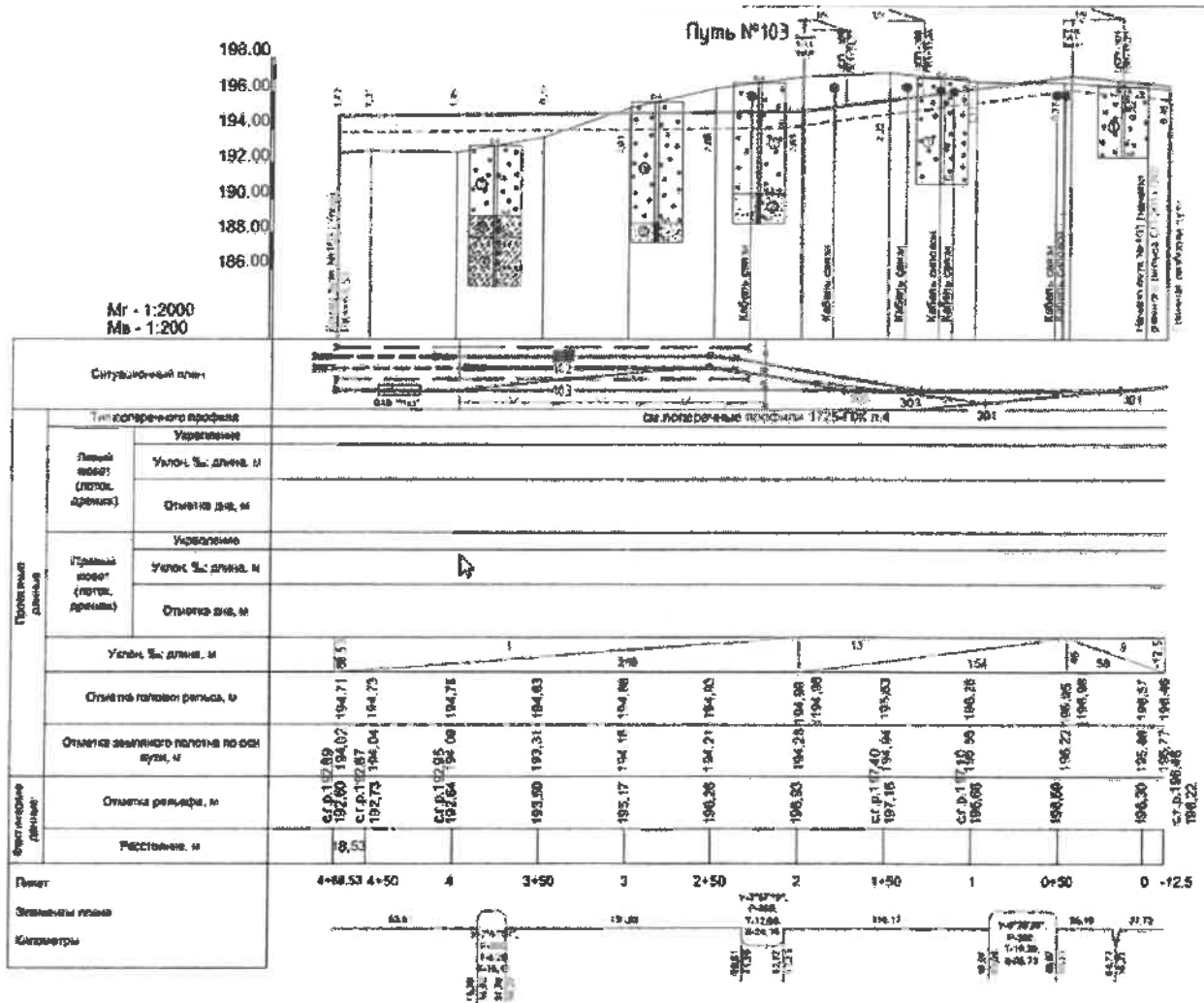


Рисунок 2 – Исходные данные для тяговых расчетов

Задача исследований состояла в определении:

- 1) массы грузового поезда при существующих уклонах, локомотивах и скоростях движения по фронтам;
- 2) вида тягового подвижного состава при заданном максимальном уклоне;
- 3) максимального допускаемого уклона при заданных подвижном составе и массе поезда.

Для определения массы состава при заданном локомотиве был проанализирован продольный профиль существующего пути и выделены участки, где поезд идет с неравномерной скоростью, и подъемы, где скорость поезда становится постоянной.

При проектировании железных дорог масса состава определяется по установившемуся движению, т. е. из условия равномерного движения поезда на подъеме

(согласно исходным данным  $i_p = 13 ‰$ ) с расчетной для данного локомотива скоростью.

Масса вагонного состава из условия равномерного движения с расчетной скоростью на расчетном подъеме

$$Q = [F_{кр} - Pg(w'_0 + i_p)] / (w'_0 + i_p)g,$$

где  $F_{кр}$  – сила тяги локомотива при расчетной скорости, Н;  $P$  – масса локомотива, т;  $w'_0$  – основное удельное сопротивление локомотива при движении под тягой, Н/кН;  $i_p$  – расчетный (руководящий) подъем, ‰;  $w'_0$  – средневзвешенное основное удельное сопротивление состава, Н/кН.

Основное удельное сопротивление локомотива при движении под тягой

$$w'_0 = 1,9 + 0,01v + 0,0003v^2,$$

где  $v$  – скорость локомотива.

Средневзвешенное основное удельное сопротивление состава

$$w_0'' = 0,7 + (3 + 0,1v + 0,0025v^2 / q_0),$$

где  $q_0$  – средняя нагрузка от оси вагона на рельсы, кН.

Масса, приходящаяся на ось колесной пары четырехосного вагона, составляет  $q_{04} = q_4 / 4$ ;  $q_{04} = 94 / 4 = 23,5$  т/ось (нагрузка от 4-осной фитинг-платформы).

Результаты расчетов представлены на рисунке 3.

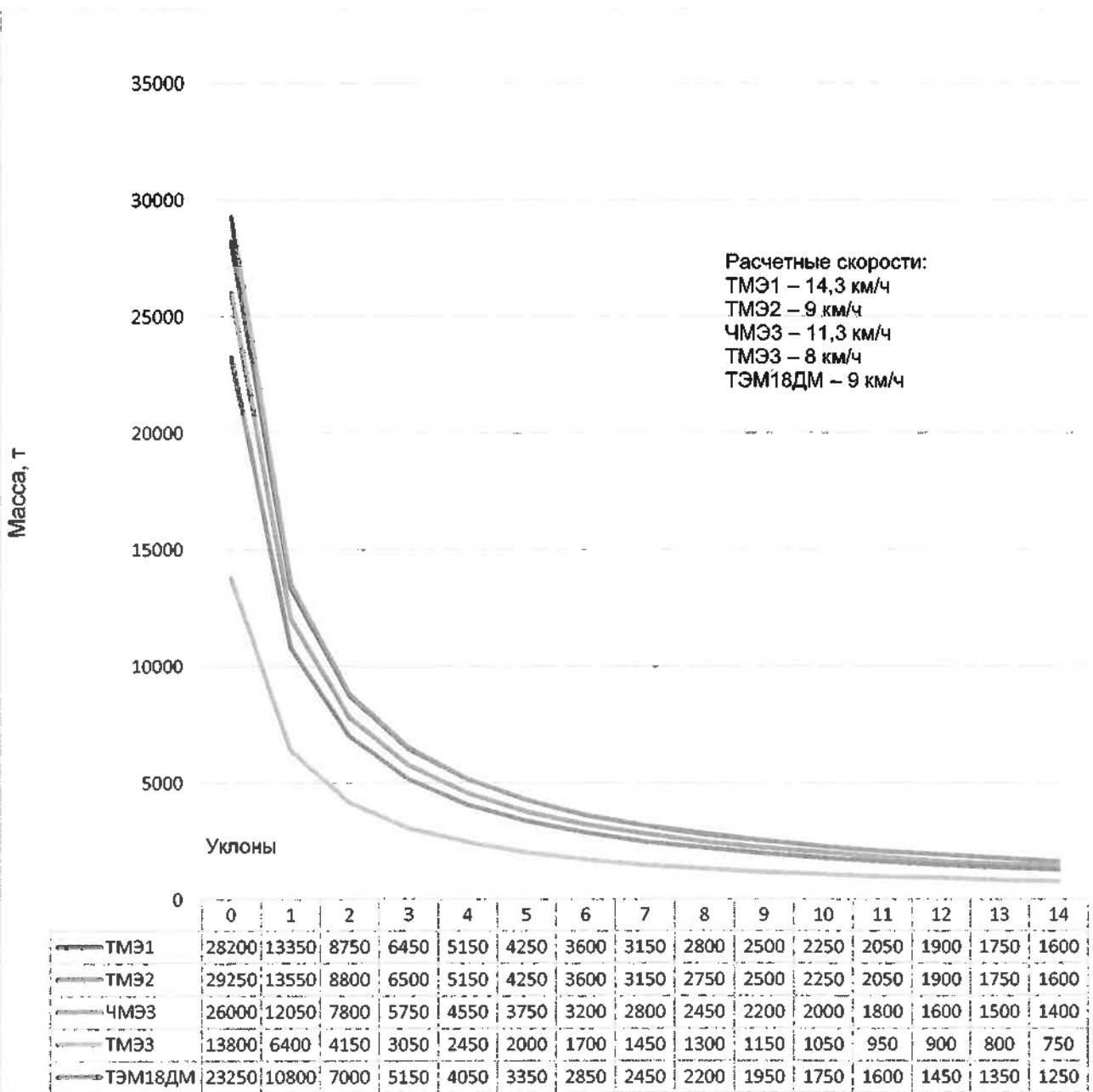


Рисунок 3 – График зависимости массы состава при различных типах локомотивов и различных уклонах с расчетной скоростью

**Проверка на трогание поезда с места.** Наибольшая масса состава  $Q_{тр}$ , т, которая может быть тронута с места на остановочных пунктах, определяется по формуле

$$Q_{тр} = F_{кр тр} / (w_{тр} + i_{тр})g - P,$$

где  $F_{кр тр}$  – сила тяги локомотива при трогании состава с места, Н;  $w_{тр}$  – суммарное удельное сопротивление со-

става при трогании с места (основное и дополнительное), Н/кН;  $i_{тр}$  – величина приведенного уклона, на котором расположен остановочный пункт, ‰.

Результаты расчета массы трогания поезда с места при различных уклонах и типах локомотивов представлены на рисунке 4.

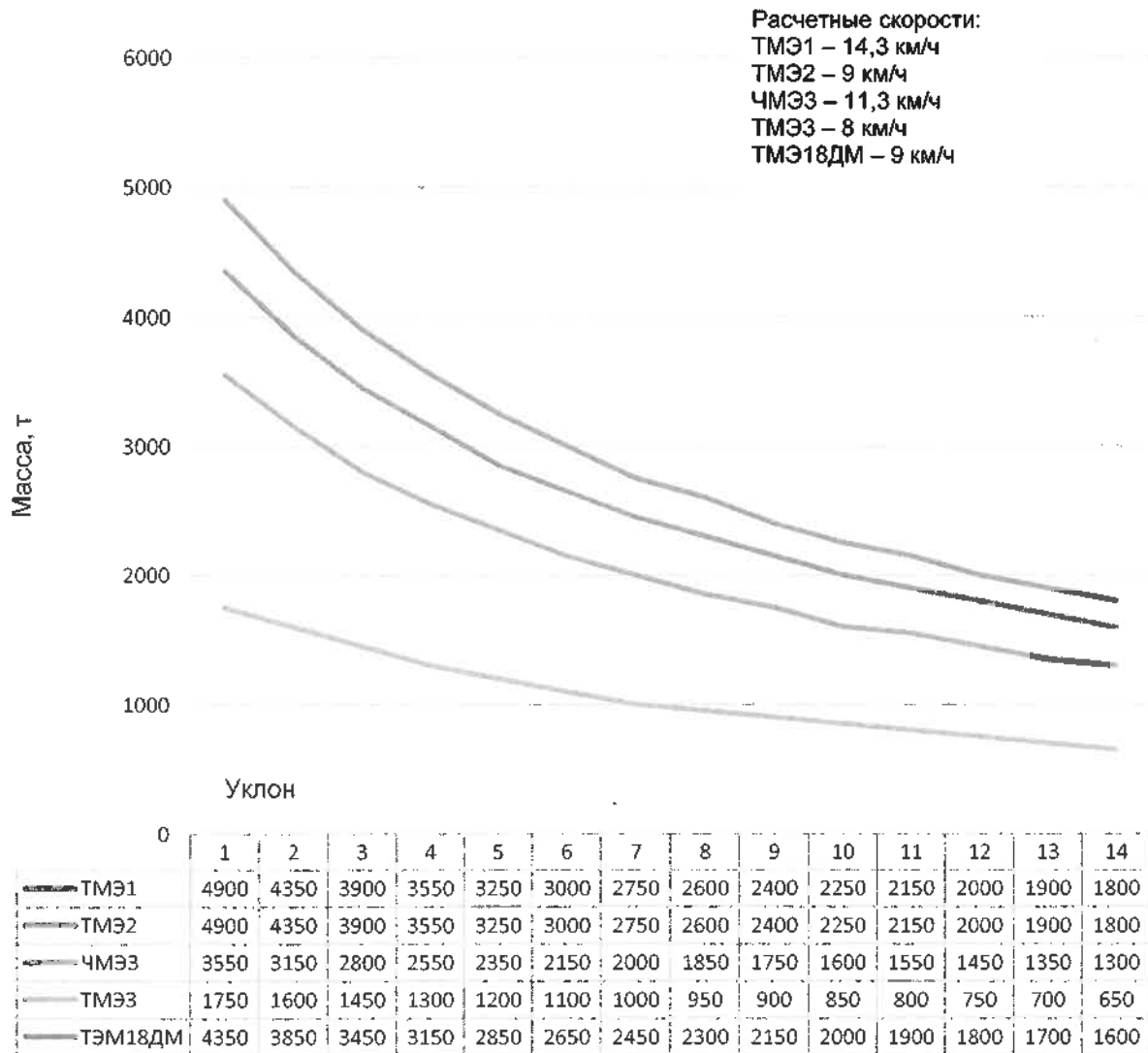


Рисунок 4 – График зависимости массы состава при трогании с места при различных типах локомотивов и различных уклонах с расчетной скоростью

Так как руководящий уклон в Республике Беларусь принят 9 ‰, проводится расчет массы состава, с которой грузовой поезд может двигаться по руководящему подъему при различных скоростях (рисунок 5).

*Проверка массы поезда по длине путей.* Длина поезда  $l_n$  не должна превышать полезной длины путей  $l_{пол}$  на участках обращения данного поезда (с учетом допуска 10 м на установку поезда).

Длина поезда определяется из выражения

$$l_n = l_c + m_n l_n + 10,$$

где  $l_c$  – длина состава, м,

$$l_c = \sum n_i l_i,$$

$l_i$  – длина вагона по осям автосцепки, из которых сформирован состав;  $l_n$  – длина локомотива, м;  $m_n$  – число локомотивов.

Число однотипных вагонов в сформированном составе определяется из выражения

$$n_i = Q / q_i a_i,$$

где  $q_i$  – средняя для однотипной группы масса вагона (брутто), т;  $a_i$  – доля (по массе) состава, приходящаяся на данную группу однотипных вагонов. Полученные результаты представлены на рисунке 6.

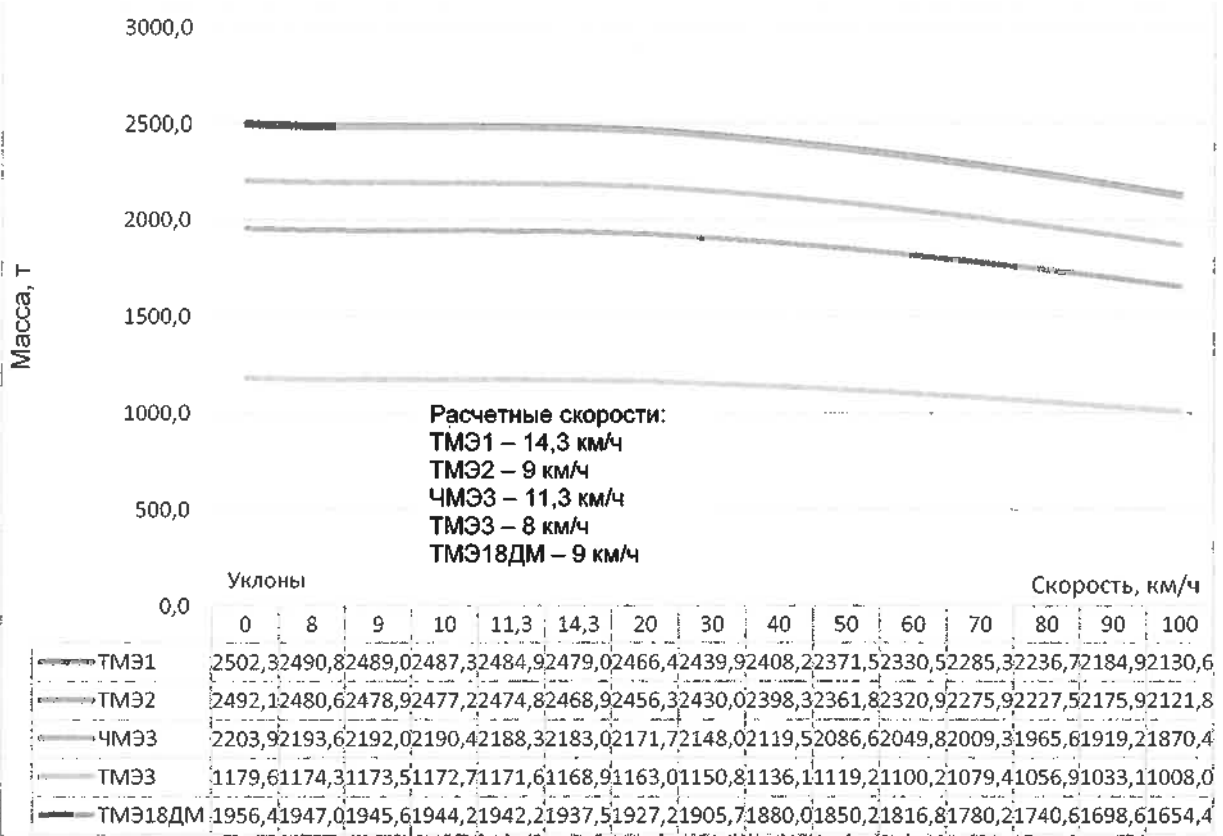


Рисунок 5 – График зависимости массы состава при движении по руководящему подъему 9 % с различными скоростями

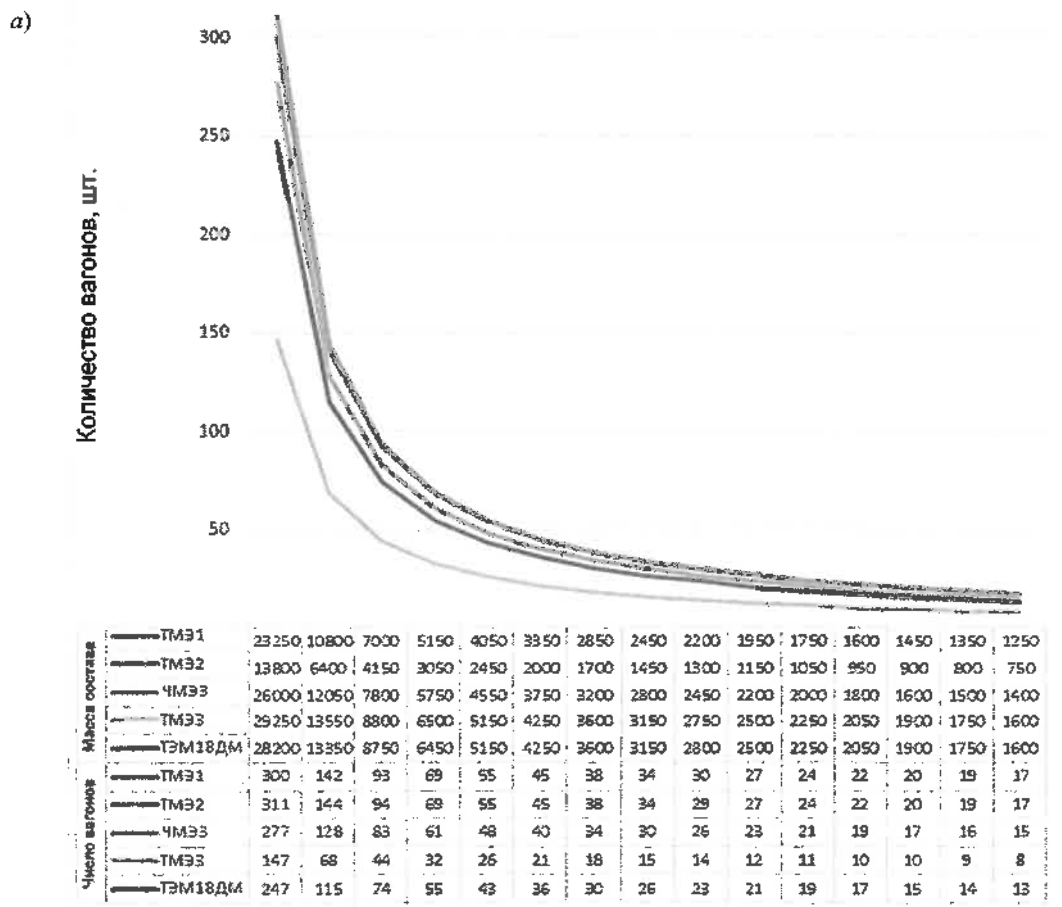
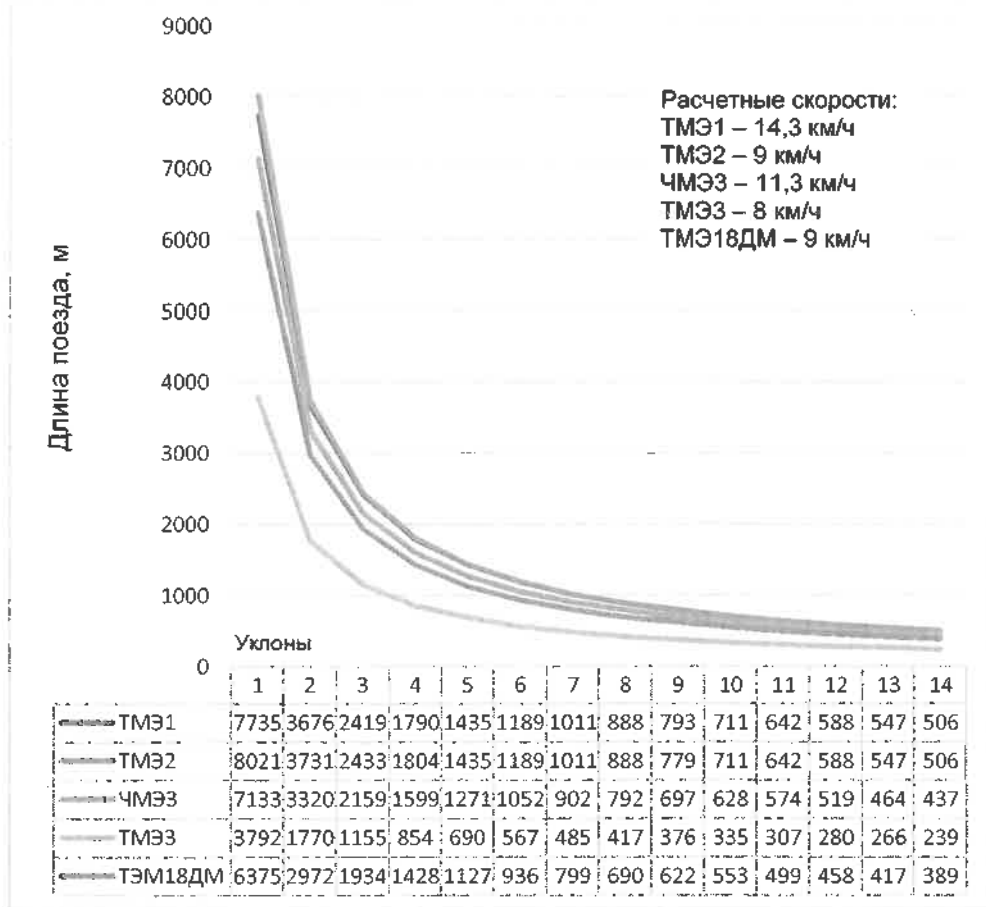


Рисунок 6 (начало) – Графики зависимости:  
 а – количества вагонов от массы состава

б)



в)

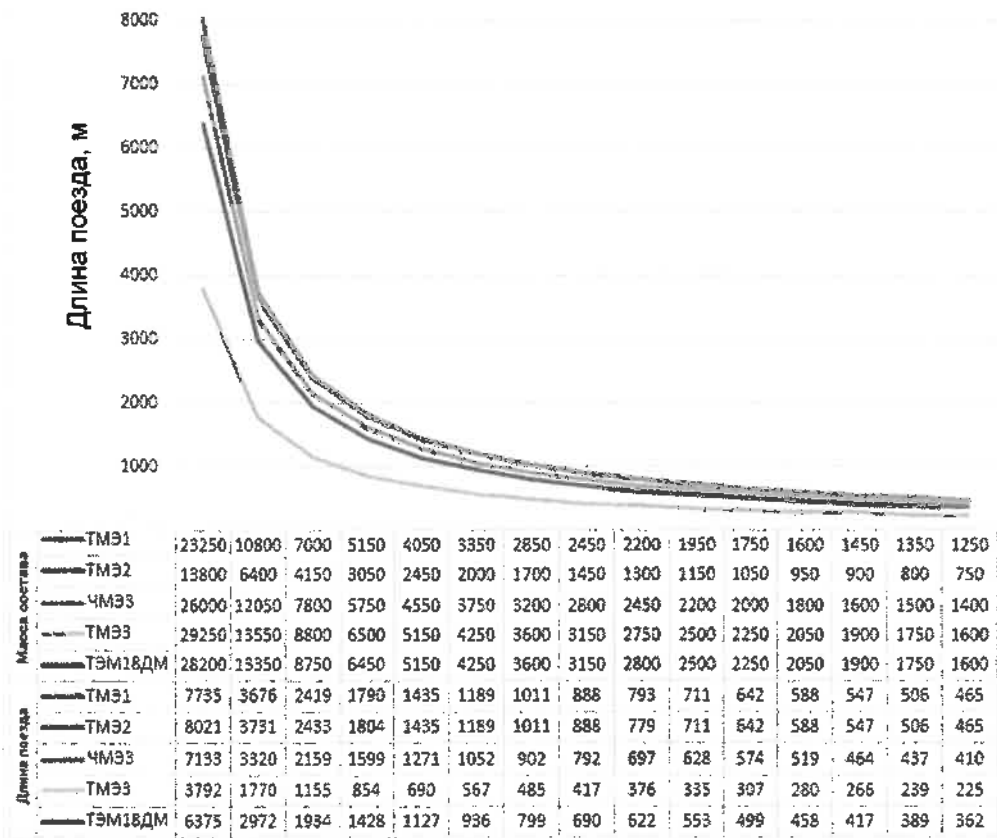


Рисунок 6 (окончание) – Графики зависимости:  
 б – длины поезда от уклона; в – длины поезда от массы состава

### **Заключение**

Контейнерная перевозка леса имеет свои преимущества и недостатки. Эффективность транспортировки, защита груза от повреждений и экономическая эффективность являются преимуществами контейнерной перевозки леса. Однако высокие затраты на оборудование, ограниченность по объему, проблемы с доступом являются недостатками этого метода перевозки. При выборе способа перевозки леса необходимо учитывать как преимущества, так и недостатки контейнерной перевозки, чтобы выбрать оптимальный метод для конкретных условий.

Использование контейнерных перевозок в границах Республики Беларусь или стран-соседей не всегда экономически оправдано. Произведя экономическую оценку, можно видеть, что примерная стоимость перевозки лесоматериалов по территории Беларуси в обычных вагонах составляет 12 руб./т, а в контейнерах – 18,5 руб./т.

Получено 04.04.2023

**P. V. Kovtun, T. A. Dubrovskaya, N. N. Kravchenko, Y. V. Nikitein. Track aspects of container multimodal transportation.**

The transportation of timber is an important element of the timber industry, which requires an effective transportation system for the delivery of timber from the place of harvesting to the place of use. One of the ways of such timber delivery is container transportation, which is the transportation of timber in standard containers. In this regard, the main task when using containers for transporting lumber is to determine the weight, length of the car and the type of locomotive moving along the loading fronts.

На заданном профиле оптимальным является использование локомотива ТМЭ2, т. к. при любом уклоне на участке масса грузового состава при использовании локомотива ТМЭ2 будет максимальной. При заданном максимальном уклоне 13 %, скоростях движения по фронтам 5 и 15 км/ч максимальная масса состава грузового поезда составляет 1700 т при использовании локомотива ТМЭ2. При этом длина поезда составляет 547 м.

Произведенные расчеты позволяют системно подойти к выбору параметров пути, подвижного состава и груза, а также определить экономический эффект от контейнерных перевозок при заданных конкретных расстояниях доставки груза.

### **Список литературы**

1 СТП БЧ 56.388-2022 Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги. – Введ. 20.06.2022 – Минск : Белорусская железная дорога, 2022. – 30 с.

2 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь : утв. М-вом трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 25.11.2015. – Минск, 2016. – 190 с.