

УДК 629.424.016.12 (474.5)

Л. В. УРСУЛЯК^{1*}, В. О. СИРОТЕНКО²

^{1*}Каф. «Строительная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел +38 (056) 776 72 94, факс +38 (056) 776 72 44, эл. почта lyudmila.urs@yandex.ua, ORCID 0000-0001-5957-6926

²Отраслевая научно-исследовательская лаборатория динамики и прочности подвижного состава, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел +38 (056) 776 72 44, факс+38 (056) 776 72 44, эл. почта v380966866511v@yandex.ua, ORCID 0000-0001-5229-5910

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВЗОВ

Цель. В работе предполагается сравнить эксплуатационные характеристики грузовых тепловозов ER20CF и 2M62м, которые применяются на Литовских железных дорогах. В данной статье решаются важнейшие задачи по тяговым расчетам, которые являются основным расчетным инструментом в деле рационального функционирования, планирования и развития железных дорог. Ими являются: определение расчетной массы подвижного состава, построение диаграммы удельных результирующих сил поезда, определение допустимой скорости движения поезда на спусках, построение кривых движения поезда на участке. **Методика.** Используя правила и методику тяговых расчетов, проводится анализ основных эксплуатационных характеристик модернизированного грузового тепловоза 2M62м и грузопассажирского сдвоенного тепловоза 2ER20CF. В качестве контролируемых параметров выбраны: максимальная масса составов, пройденный путь составом по скоростному подъему за счет использования кинетической энергии (с тягой и без тяги), техническая скорость, ускоряющая сила и значение наименьшего радиуса кривой. При проведении расчетов предполагалось, что поезда сформированы из полностью загруженных четырехосных полувагонов модели 112-119 (особенность – 606) с нагрузкой на ось 23,5 т; движение осуществлялось на бесстыковом пути; в голове состава расположен либо сдвоенный тепловоз 2ER20CF, либо двухсекционный тепловоз 2M62м. Для выбора расчетного подъема проанализирован продольный профиль пути на направлении Вильнюс-Клайпеда. Проверка на возможность преодоления скоростного подъема выполнялась аналитическим методом, с учетом использования кинетической энергии, накопленной на преодолении «легких» элементов профиля. **Результаты.** В результате расчетов был проанализирован максимальный вес состава с учетом расчетного подъема. Выполнена проверка расчетной массы состава на возможность надежного преодоления короткого подъема крутизны больше расчетного. Оценены значения ускоряющей силы в зависимости от скорости поезда и параметров продольного профиля, а также значения наименьшего радиуса кривой в зависимости от скорости движения, развиваемой различными тепловозами в тяговом режиме. Рассмотрены составы различной массы. **Научная новизна.** Проведен анализ эксплуатационных параметров модернизированного тепловоза 2M62м и сдвоенного тепловоза нового поколения 2ER20CF. **Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы для более эффективной эксплуатации указанных выше тепловозов на Литовских железных дорогах.

Ключевые слова: техническая скорость; тяговые расчеты; расчетный подъем; ускоряющая сила; радиус в кривой

Введение

Для увеличения провозной и пропускной способности Литовских железных дорог необходимо более эффективно использовать тяговый подвижной состав [2, 3, 12–14].

Масса состава – один из важнейших показателей работы железнодорожного транспорта. Увеличение массы составов позволяет повысить провозную способность железнодорожных линий, уменьшить удельный расход топлива

и электроэнергии, снизить себестоимость перевозок. Поэтому массу грузового состава определяют исходя из полного использования тяговых качеств локомотива [3, 4, 8–11].

В данной статье решаются важнейшие задачи по тяговым расчетам, которые являются основным расчетным инструментом в деле рационального функционирования, планирования и развития железных дорог: определение расчетной массы состава, построение диаграммы

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

удельных результирующих сил поезда, определение допустимой скорости движения поезда на спусках, построение кривых движения поезда на участке.

Цель

Выполнить сравнительную характеристику эксплуатационных параметров грузового тепловоза 2М62М и грузопассажирского сдвоенного тепловоза 2ER20CF. При проведении расчетов будем полагать, что поезда сформированы из полностью загруженных четырехосных полувагонов модели 112-119 (особенность – 606) с нагрузкой на ось 23,5 т; движение осуществляется на бесстыковом пути; в голове состава расположен либо сдвоенный тепловоз 2ER20CF, либо двухсекционный тепловоз 2М62М.

Методика

Сравнительный анализ эксплуатационных параметров тепловозов будем выполнять, используя правила и методику тяговых расчетов [1, 6, 7]. Указанные расчеты используются для разработки графика движения поездов, изыскания и проектирования железных дорог, расчетов в области экономической эффективности перевозок.

Расчет массы состава. Расчетный подъем – это наиболее трудный для движения в данном направлении элемент, на котором при имеющейся массе состава достигается расчетная скорость и соответствующая расчетная сила тяги локомотива. Расчетный подъем – один из основных параметров, определяющих массу состава, которая может быть перевезена по участку данным тепловозом. Достаточно крутой и в то же время длинный элемент профиля, который нельзя преодолеть за счет накопленной, в первую очередь на спусках, кинетической энергии на скорости, равной или больше расчетной, и будет расчетный подъем. Расчетный подъем не обязательно является наиболее крутым. Если на участке есть подъем круче расчетного, но он имеет небольшую протяженность и перед ним расположены «легкие» элементы профиля (спуски, площадки), где поезд может развить большую скорость, то даже при условии замедления на данном подъеме его скорость может не достичь расчетной. В таком случае подъем необходимо считать скоростным.

Проанализировав продольный профиль пути на направлении Вильнюс-Клайпеда в качестве расчетного подъема, был выбран уклон 7,8 ‰ нами длиной 2 200 метров на участке пути между станциями Телсая–Лиеплауке. На этом элементе профиля есть еще кривая в плане, длиной 475,9 м и радиусом 1 597 м, которую мы заменим фиктивным подъемом 0,1 ‰. Следовательно, массу состава будем рассчитывать для расчетного уклона 7,9 ‰.

Для выбранного расчетного подъема массу состава в тоннах вычисляют по формуле:

$$Q = \frac{F_p - (\omega'_0 + i_p) P g}{(\omega''_0 + i_p) g},$$

где F_p – расчетная сила тяги локомотива, Н; P – расчетная масса локомотива, т; ω'_0 – основное удельное сопротивление локомотива, Н/кН; ω''_0 – основное удельное сопротивление состава, Н/кН; i_p – крутизна расчетного подъема, ‰; g – ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$). Величины ω'_0 и ω''_0 определяют для расчетных скоростей локомотивов V_p .

Для тепловоза 2М62М – $V_p = 20 \text{ км/ч}$,
 $F_p = 457 092 \text{ Н}$.

Для тепловоза 2ER20CF – $V_p = 16 \text{ км/ч}$,
 $F_p = 720 000 \text{ Н}$.

Основное удельное сопротивление локомотива (Н/кН) в режиме тяги определяется по формуле:

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,008 V + 0,00025 V^2.$$

Основное удельное сопротивление 4-осных грузовых вагонов на подшипниках качения (Н/кН) определяют по формуле:

$$\omega''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,09 V + 0,002 V^2}{q_0},$$

здесь q_0 – нагрузка на ось.

Вычисленную массу состава в соответствии с ПТР округляем:

$Q = 5 000 \text{ т}$ с тепловозом 2М62М и $Q = 8 000 \text{ т}$ со сдвоенным тепловозом 2ER20CF, т.е. масса состава, которую может ввезти тепловоз 2ER20CF на расчетный подъем, больше на 38,3 ‰.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Проверка расчетной массы состава на возможность надежного преодоления короткого подъема крутизны больше расчетного. Выполняется проверка на возможность преодоления скоростного подъема аналитическим методом, с учетом использования кинетической энергии, накопленной на преодоление «легких» элементов профиля. При этом принимают гипотезу о равнозамедленном движении поезда в интервале скорости $\Delta V \leq 10$ км/ч и используется расчетное соотношение:

$$S = \frac{4,17 (V_k^2 - V_n^2)}{f_k - \omega_0},$$

где V_n – скорость в начале интервала скорости ΔV ; V_k – скорость в конце интервала скорости ΔV , S – путь, проходимый поездом за время изменения скорости от V_n до V_k . Расчет пройденного пути по формуле ведут до тех пор, пока конечная скорость на данном интервале не будет равна расчетной, т.е. $V_k = V_p$.

Удельную силу тяги f_k (Н) и удельное сопротивление ω_0 (Н/кН) определяют для средней скорости движения на каждом интервале по формулам:

$$f_k = \frac{F_k}{(P+Q)g},$$

$$\omega_0 = \frac{(\omega'_0 + i_s) P g + (\omega''_0 + i_s) Q g}{(P+Q)g},$$

здесь i_s – величина уклона на скоростном подъеме. Для рассматриваемого направления $i_s = 9,5$ ‰ длиной 300 м.

По пройденному пути на каждом интервале скорости определяют суммарный путь $\sum S$.

Оценим значение ускоряющей силы в зависимости от скорости поезда. Как известно, ускоряющие силы в режиме тяги (Н/кН) рассчитываются по формуле:

$$f_{yc} = f_k - \omega_0 = \frac{F_k - (\omega'_0 m_T + \omega''_0 m_c) g}{(m_T + m_c) g},$$

где F_k – касательная сила тяги сдвоенного тепловоза ER20CF или тепловоза 2M62M;

ω'_0 – основное удельное сопротивление движению тепловоза в режиме тяги; ω''_0 – основное удельное сопротивление движению вагонов; m_T и m_c – масса тепловоза и состава соответственно.

Оценим значение наименьшего радиуса кривой в зависимости от скорости движения. Как известно, дополнительное удельное сопротивление движению от кривой на эксплуатируемых железных дорогах для всех видов подвижного состава можно определить по формуле:

$$\omega_r = \frac{700}{R}. \text{ Если предположить, что на данном}$$

участке пути поезд движется с постоянной скоростью, то в качестве ω_r можно принять удельную ускоряющую силу f_{yc} на данном участке.

В таком случае можно получить зависимость наименьшего радиуса кривой в зависимости от скорости движения. Рассмотрим полученные зависимости для случаев движения поездов разной массы на горизонтальном участке пути и на подъеме с уклоном величиной 3 ‰.

Результаты

Ниже на рис. 1 и 2 приведены графики зависимости пройденного пути поезда массой 5 000 тонн по скоростному подъему за счет использования кинетической энергии без тяги и с включенной тягой соответственно.

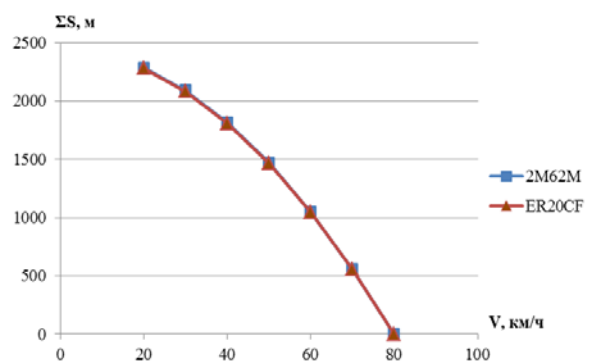


Рис. 1. Величины пройденного пути грузовым поездом массой 5 000 тонн по скоростному подъему 9,5 ‰ за счет использования кинетической энергии (без тяги)

Fig. 1. The magnitude distance traveled by the train, weight of 5,000 tons with ascents speed of 9.5‰ due to the use of the kinetic energy (without traction)

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

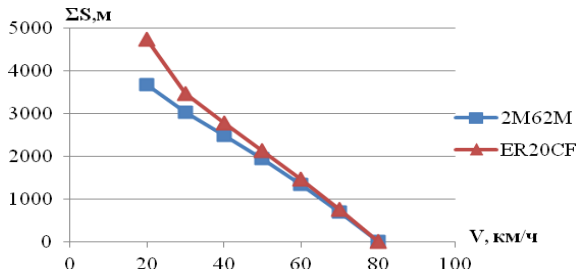


Рис. 2. Величины пройденного пути составом массой 5000 тонн по скоростному подъему 9,5‰ за счет использования кинетической энергии (с тягой)

Fig. 2. The magnitude distance traveled by the train, weight of 5,000 tons with ascents speed of 9.5‰ due to the use of the kinetic energy (with traction)

Как следует из приведенных рисунков, с включенной тягой пройденный путь на рассматриваемом подъеме поездом с тепловозом 2ER20CF на 23 % больше, чем с тепловозом 2M62M.

В качестве примера на рис. 3 показано, что пройденный путь поездом весом 5 000 тонн с тепловозом 2ER20CF и включенной тягой в 2 раза больше, чем без тяги.

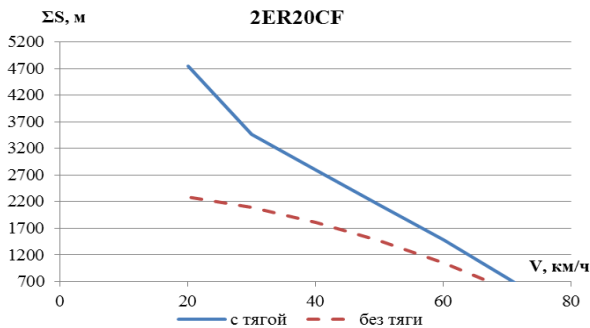


Рис. 3. Величины пройденного пути составом массой 5000 т по скоростному подъему 9,5‰ за счет использования кинетической энергии

Fig. 3. The magnitude distance traveled by the train, weight of 5,000 tons with ascents speed of 9.5‰ due to the use of the kinetic energy

На рис. 4 и 5 приведены графики зависимости ускоряющей силы от скорости движения поезда массой 5 000 тонн. На рис. 4 изображены указанные зависимости при движении по горизонтальному участку пути, а на рис. 5 – при движении на затяжном подъеме с уклоном 3 ‰. На приведенных рисунках пунктирные линии соответствуют случаю, когда в голове

поезда расположен двоянный тепловоз 2ER20CF, сплошные линии – тепловоз 2M62M.

Как видно из полученных результатов, значения ускоряющей силы для тепловоза 2ER20CF превышают аналогичные величины для тепловоза 2M62M почти на 20 % при движении на горизонтальном участке пути и почти на 30 % при движении на подъеме с уклоном 3 ‰.

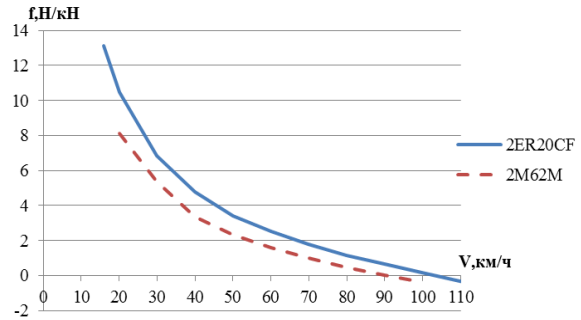


Рис. 4. Зависимость ускоряющей силы от скорости поезда при движении по горизонтальному участку пути

Fig. 4. Accelerating force dependence from the train speed during the movement along the horizontal section of the track

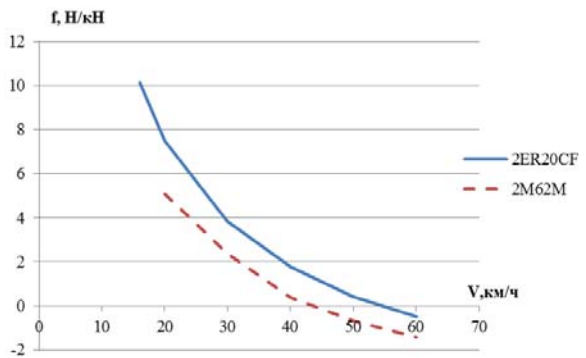


Рис. 5. Зависимость ускоряющей силы от скорости поезда при движении на подъеме с уклоном 3‰

Fig. 5. Accelerating force dependence from the train speed during the movement on the rise with a slope of 3‰

Ниже на рис. 6 приведены зависимости наименьшего радиуса кривой пути от скорости движения поездов различной массы с тепловозом 2ER20CF в голове состава.

На рис. 7 показаны аналогичные зависимости для поездов такой же массы с тепловозом 2M62M.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

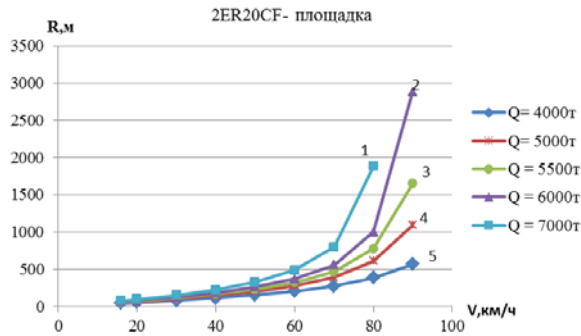


Рис. 6. Зависимости наименьшего радиуса кривой пути от скорости движения поездов с тепловозом 2ER20CF

Fig. 6. Dependences of the smallest curve radius of a track from the running speed of the train with the diesel-electric locomotive 2ER20CF

На приведенных рисунках линии 1 соответствуют составам массой $Q = 7000$ т, линии 2 – составам массой $Q = 6000$ т, линии 3 – составам массой $Q = 5500$ т, линии 4 – составам массой $Q = 5000$ т, линии 5 – составам массой $Q = 4000$ т.

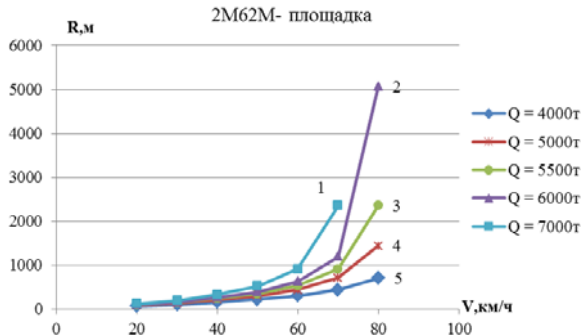


Рис. 7. Зависимости наименьшего радиуса кривой пути от скорости движения поездов с тепловозом 2M62M

Fig. 7. Dependences of the smallest curve radius from the running speed of the train with the diesel-electric locomotive 2M62M

Из приведенных рисунков видно, что с увеличением массы поезда значение наименьшего радиуса кривой растет. При этом сдвоенный тепловоз 2ER20CF может развивать наибольшую скорость 85 км/ч даже с составом массой 6000 тонн при радиусе кривой 2000 метров. Аналогичный состав с тепловозом 2M62M сможет развить максимальную скорость 80 км/ч на кривой с радиусом не меньше 5000 метров.

На рис. 8 изображены зависимости наименьшего радиуса пути от скорости движения поездов для различных тепловозов. Линии 1 соответствуют поезду массой 5500 тонн, линии 2 – поезду массой 5000 тонн, линии 3 – поезду массой 4000 тонн. Пунктирные линии соответствуют случаю, когда в голове поезда расположен сдвоенный тепловоз 2ER20CF, сплошные линии – тепловоз 2M62M.

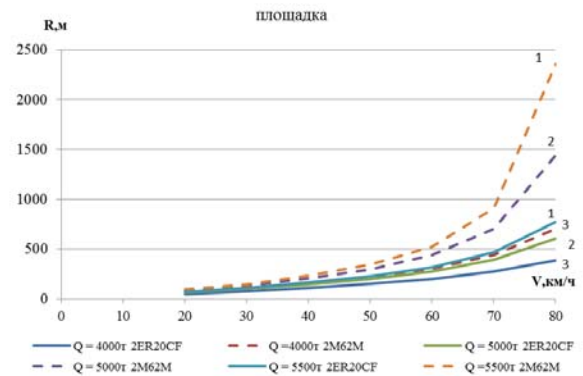


Рис. 8. Зависимости наименьшего радиуса кривой пути от скорости движения поездов с различными тепловозами на горизонтальном участке пути

Fig. 8. Dependences of the smallest curve radius from the running speed of the train with different diesel-electric locomotives on the horizontal section of the track

При ведении состава массой 5000 т тепловозом 2ER20CF по кривым с радиусом 500 метров максимальная скорость может достигать почти 80 км/ч, а с тепловозом 2M62M – не более 65 км/ч.

На рис. 9 изображены зависимости наименьшего радиуса кривой от скорости движения поездов различной массы с разными тепловозами на подъеме величиной 3 ‰. На приведенном рисунке линии 1 соответствуют поездам массой 5500 тонн, линии 2 – поездам с массой 5000 тонн, линии 3 – поездам массой 4000 тонн. Пунктирные линии соответствуют случаю, когда в голове поезда расположен сдвоенный тепловоз 2ER20CF, сплошные линии – тепловоз 2M62M.

Как следует из приведенных рисунков, сдвоенный тепловоз 2ER20CF может развивать наибольшую скорость 90 км/ч даже с составом массой 6000 тонн при радиусе кривой 2900 метров. Аналогичный состав с тепловозом 2M62M сможет развить максимальную скорость 80 км/ч на кривой с радиусом не меньше 5000 метров.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

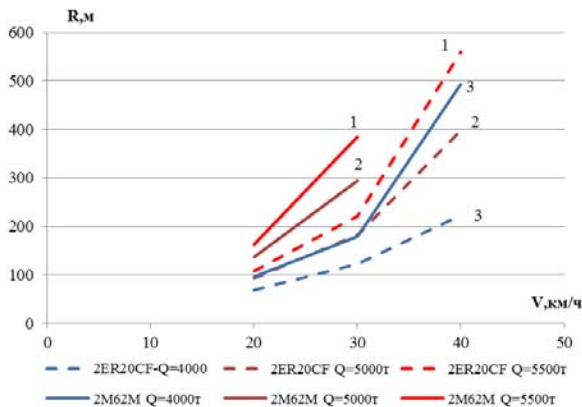


Рис. 9. Зависимости наименьшего радиуса кривой пути от скорости движения поездов разной массы с различными тепловозами на подъеме величиною 3 ‰

Fig. 9. Dependences of the smallest curve radius from the running speed of trains with different mass and different diesel-electric locomotives on the rise, magnitude of 3‰

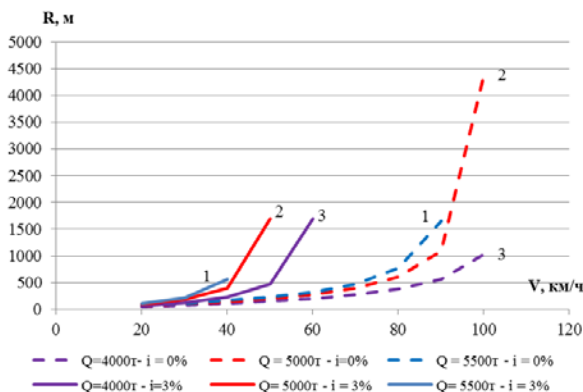


Рис. 10. Зависимости наименьшего радиуса кривой пути от скорости движения поездов разной массы со сдвоенным тепловозом 2RE20CF на участках пути с различными параметрами продольного профиля

Fig. 10. Dependences of the smallest curve radius from the running speed of trains with different mass and with dual diesel-electric locomotive 2RE20CF on the track sections with different parameters of the longitudinal profile

Из приведенных графиков видно, что на подъеме с уклоном равным 3 ‰ и в кривой с радиусом 300 метров при ведении состава тепловозом 2M62M массой $Q = 5\,000$ т наибольшая скорость движения не может превышать

30 км/ч. При управлении таким составом сдвоенным тепловозом 2ER20CF скорость движения может достигать 45 км/ч.

На рис. 10 приведены графики зависимости наименьшего радиуса кривой пути от скорости движения поездов разной массы со сдвоенным тепловозом 2ER20CF на участках пути с различными параметрами продольного профиля. На указанном рисунке номера линий соответствуют таким же обозначениям, как на рис. 9. Сплошные линии соответствуют случаю движения поездов на подъеме величиною 3 ‰, пунктирные линии – на горизонтальном участке пути.

Как следует из результатов, изображенных на рис. 10, при движении поезда массой 5 000 т по кривой с радиусом 1 000 метров максимальная скорость движения уменьшается почти в 2 раза в случае, если указанная кривая расположена на подъеме с уклоном величиною 3 ‰.

Научная новизна и практическая значимость

Проведен анализ эксплуатационных параметров модернизированного тепловоза 2M62M и сдвоенного тепловоза нового поколения 2ER20CF. В качестве контролируемых параметров выбраны – максимальная масса составов, техническая скорость, ускоряющая сила и значение наименьшего радиуса кривой. Полученные результаты могут быть использованы для более эффективной эксплуатации указанных выше тепловозов на Литовских железных дорогах.

Выводы

Сдвоенный тепловоз 2ER20CF может вести на расчетный подъем состав массой $Q = 8\,000$ т, что на 38,3 % больше, чем модернизированный тепловоз 2M62M.

При включенной тяге пройденный путь составом массой 5 000 тонн на рассматриваемом подъеме поездом с тепловозом 2ER20CF на 23 % больше, чем с тепловозом 2M62M.

Значения ускоряющей силы с составом массой 5 000 т для тепловоза 2ER20CF превышает аналогичные величины для тепловоза 2M62M почти на 20 % при движении на горизонтальном участке пути и на 30 % при движении на подъеме с уклоном 3 ‰.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Получены зависимости наименьшего значения радиуса кривой пути от скорости движения и массы поездов для различных тепловозов в тяговом режиме на горизонтальном участке и при движении на подъеме с уклоном 3 ‰. В частности, на подъеме с уклоном равным 3 ‰ и в кривой с радиусом 300 метров при ведении состава массой $Q = 5\,000$ т тепловозом 2М62М в тяговом режиме наибольшая скорость движения не может превышать 30 км/ч. При управлении таким составом сдвоенным тепловозом 2ER20CF скорость движения может достигать 45 км/ч.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабичков, А. М. Тяга поездов и тяговые расчеты / А. М. Бабичков, П. А. Гурский, А. П. Новиков. – Москва : Транспорт, 1971. – 280 с.
2. Блохин, Е. П. Вычислительный комплекс для решения задач безопасности и устойчивости движения подвижного состава железных дорог / Е. П. Блохин, Л. В. Урсуляк, К. И. Железнов // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 18. – С. 106–113.
3. Блохин, Е. П. Динамика поезда / Е. П. Блохин, Л. А. Манашкин. – Москва : Транспорт, 1982. – 222 с.
4. Железнов, К. І . Алгоритм оптимізації режиму руху поїздів / К. І. Железнов, Л. В. Урсуляк // Транспорт : зб. наук. пр. / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2002. – Вип. 10. – С. 81–86.
5. Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – Москва : Транспорт, 1990. – 424 с.
6. Осипов, С. И. Основы электрической и тепловозной тяги / С. И. Осипов. – Москва : Транспорт, 1985. – 408 с.
7. Правила тяговых расчетов для поездной работы / [под ред. П. Т. Гребенюка, А. Н. Долганова, О. А. Некрасова [и др.]. – Москва : Транспорт, 1985. – 287 с.
8. Тихонов, К. К. Оптимальные ходовые скорости грузовых поездов / К. К. Тихонов. – Москва : Транспорт, 1964. – 262 с.
9. Тихонов, К. К. Теоретические основы выбора оптимальных весовых норм грузовых поездов / К. К. Тихонов // Тр. МИИТа. – Москва, 1970. – Вып. 331. – С. 3–175.
10. Bureika, G. Analysis of freight diesel locomotives' operation parameters in lithuanian railways [Электронный ресурс] / G. Bureika, A. Pikūnas, S. Pukalskas. – Режим доступа: http://meching.com/journal/Archive/2009/9-10/1.mashini/2.bureika.tm09_new.pdf. – Загл. с экрана. – Проверено :19. 10. 2014.
11. Bureika, G. Research on Energy Efficient of Rolling-stock Operation. TRANSBALTICA 2009 / G. Bureika, R. Subačius, M. Kumara // Proc. of 6th Intern. Sci. Conf. – Vilnius, 2009. – P. 28–32.
12. Muginshtein, L. A. Power optimal traction calculation for operation of trains of increased mass and length / L. A. Muginshtein, I. A. Yabko // Heavy Haul and Innovation Development : Proc. of the 9th Intern. Conf. – 2009. – P. 1041–1047.
13. Optimized algorithm for train traction calculation under fixed-time mode / J. Zhang, X. Guo, J. Chen, J. Jin // Proc. of the 2nd Intern. Conf. on Transport Engineering, ICTE. – 2009. – P. 3760–3765. doi: 10.1061/41039(345)620.
14. Shi, H. CRH train traction calculation model and algorithm based on automatic constant speed. ICLEM 2012: Logistics for Sustained Economic Development - Technology and Management for Efficiency / H. Shi, H. Guo // Proc. of the 2012 Intern. Conf. of Logistics Engineering and Management. – 2012. – P. 506–512. doi: 10.1061/9780784412602.0079.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Л. В. УРСУЛЯК^{1*}, В. О. СИРОТЕНКО²

^{1*}Каф. «Будівельна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 72 44, факс + 38 (056) 776 72 44, ел. пошта lyudmila.urs@yandex.ua, ORCID 0000-0001-5957-6926

²Галузева науково-дослідна лабораторія динаміки і міцності рухомого складу, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 72 44, факс+38 (056) 776 72 44, ел. пошта v380966866511v@yandex.ua, ORCID 0000-0001-5229-5910

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАНТАЖНИХ ТЕПЛОВОЗІВ

Мета. В роботі передбачається порівняти експлуатаційні характеристики вантажних тепловозів ER20CF і 2М62м, які застосовуються на Литовських залізницях. У даній статті вирішуються найважливіші завдання по тяговим розрахункам, які є основним розрахунковим інструментом у справі раціонального функціонування, планування та розвитку залізниць. Ними є: визначення розрахункової маси рухомого складу, побудова діаграми питомих результуючих сил поїзда, визначення допустимої швидкості руху поїзда на спусках, побудова кривих руху поїзда на ділянці. **Методика.** Використовуючи правила й методику тягових розрахунків, проводиться аналіз основних експлуатаційних характеристик модернізованого вантажного тепловоза 2М62м і вантажопасажирського здвоєного тепловоза 2ER20CF. В якості контрольованих параметрів обрані: максимальна маса складу, пройдений шлях складом зі швидкісного підйому за рахунок використання кінетичної енергії (з тягою і без тяги), технічна швидкість, сила прискорення та значення найменшого радіуса кривої. При проведенні розрахунків передбачалось, що: поїзди сформовані з повністю завантажених чотирьохвісних піввагонів моделі 112-119 (особливість – 606) з навантаженням на вісь 23,5 т, рух здійснювався на безстиковій колії; в голові складу розташований здвоєний тепловоз 2ER20CF або двосекційний тепловоз 2М62м. Для вибору розрахункового підйому проаналізований поздовжній профіль колії на напрямку Вільнюс-Клайпеда. Перевірка на можливість подолання швидкісного підйому виконувалася аналітичним методом із урахуванням використання кінетичної енергії, накопиченої на подоланні «легких» елементів профілю. **Результати.** У результаті розрахунків була проаналізована максимальна вага складу з урахуванням розрахункового підйому. Виконано перевірку розрахункової маси складу на можливість надійного подолання короткого підйому крутизни більше розрахункового. Оцінені значення сили прискорення в залежності від швидкості поїзда і параметрів поздовжнього профілю, значення найменшого радіуса кривої залежно від швидкості руху, яка розвивалася різними тепловозами в тяговому режимі. Розглянуто склади різної маси. **Наукова новизна.** Проведено аналіз експлуатаційних параметрів модернізованого тепловоза 2М62м і здвоєного тепловоза нового покоління 2ER20CF. **Практична значимість.** Отримані результати можуть бути використані для більш ефективної експлуатації зазначених вище тепловозів на Литовських залізницях.

Ключові слова: технічна швидкість; тягові розрахунки; розрахунковий підйом; прискорююча сила; радіус в кривій

L. V. URSULYAK^{1*}, V. A. SIROTENKO²

^{1*}Dep. «Structural Mechanics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 776 72 44, fax +38 (056) 776 72 44, e-mail lyudmila.urs@yandex.ua, ORCID 0000-0001-5957-6926

²Branch Scientific and Research Laboratory of Dynamics and Strength of Rolling Stock, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 776 72 44, fax +38 (056) 776 72 44, e-mail v380966866511v@yandex.ua, ORCID 0000-0001-5229-5910

ANALYSIS OF THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF DIESEL-ELECTRIC LOCOMOTIVES

Purpose. To compare the operational characteristics of freight diesel-electric locomotives ER20CF and 2M62m, which are operated with Lithuanian Railways. Important problems on traction calculations are considered in this

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

article. In this article the critical tasks of traction calculations are solved. It is the main computational tool in the rational functioning, planning and development of railways: determination of the estimated weight of the rolling stock, the diagrams construction of specific resultant forces of a train, the permitted speed definition of the train on the slopes, curves of train traffic construction on the section. **Methodology.** Using the rules and methods of traction calculations the analysis of the basic operational characteristics of the modernized freight diesel-electric locomotive 2M62m and freight passenger dual locomotive 2ER20CF was held. The maximum weight of the train set, the track structure on a high-speed ascent through the use of kinetic energy (with traction and without traction), technical speed, acceleration force and the value of the smallest radius curve are selected as controlled parameters. During the calculations it was considered that the trains were formed of a fully loaded four-axle gondola cars, model 112-119 (feature-606) with axle load of 23.5 t; the motion was carried out on the continuous welded rail track; the front of the train set is a dual locomotive 2ER20CF or two locomotive 2M62M. Longitudinal profile of the road on the route Vilnius–KIF was analyzed for the choice of theoretical rise. Inspection concerning the possibility of overcoming the high-speed rise was performed with an analytical method, based on the use of the kinetic energy accumulated by the overcoming of «light» elements of the profile. **Findings.** In the calculations, the maximum weight of the train set taking into account theoretical rise was analyzed. The inspection of the theoretical weight of the train set on a reliable short rise of slope that is larger than the theoretical one was carried out. Values of the acceleration force depending on the speed of the train and parameters of the longitudinal profile, values of the smallest curve radius depending on the movement speed, which are developed by the different locomotives in the traction mode, were accessed. **Originality.** The analysis of the operational parameters of the modernized locomotive 2M62m and dual diesel locomotive of new generation 2ER20CF was held. The maximum weight of the composition, technical speed, the accelerating force and the value of the smallest radius curve were selected as controlled parameters. **Practical value.** The obtained results can be used for more efficient operation of locomotives on Lithuanian Railways.

Keywords: technical speed; traction calculations; theoretical rise; accelerating force; the radius of the curve

REFERENCES

1. Babichkov A.M, Gurskiy P.A., Novikov A.P. *Tyaga poyezdov i tyagovyye raschety* [Traction of trains and grade computation]. Moscow, Transport Publ., 1971. 280 p.
2. Blokhin Ye.P., Ursulyak L.V., Zheleznov K.I. Vychislitelnyy kompleks dlya resheniya zadach bezopasnosti i ustoychivosti dvizheniya podvizhnogo sostava zheleznykh dorog [Computing system for solving problems of security and stability of the railway rolling stock]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 18, pp. 106-113.
3. Blokhin Ye.P, Manashkin L.A. *Dinamika poyezda* [The dynamics of trains]. Moscow, Transport Publ., 1982. 222 p.
4. Zheleznov K.I., Ursulyak L.V. Alhorytm optymizatsii rezhymu rukhu poizda [The optimization algorithm of the train performance]. *Zbirnyk naukovykh prats «Transport»* [Proc. «Transport»]. Dnipropetrovsk, 2002, issue 10, pp. 81-86.
5. Kochnev F.P., Sotnikov I.B. *Upravleniye ekspluatatsionnoy rabotoy zheleznykh dorog* [Operation management of railways]. Moscow, Transport Publ., 1990. 424 p.
6. Osipov S.I. *Osnovy elektricheskoy i teplovoznoy tyagi* [Fundamentals of electric and diesel traction]. Moscow, Treansport Publ., 1985. 408 p.
7. Grebenyuka P.T., Dolganova A.N., Nekrasov O.A., Lisitsin A.L. 1. *Pravila tyagovykh raschetov dlya poyezdnoy raboty* [Rules of traction calculations for train operation]. Moscow, Transport Publ., 1985. 287 p.
8. Tikhonov K.K. *Optimalnyye khodovyye skorosti gruzovykh poyezdov* [Optimal running speed of freight trains]. Moscow, Transport Publ., 1964. 262 p.
9. Tikhonov K.K. Teoreticheskiye osnovy vybora optimalnykh vesovykh norm gruzovykh poyezdov [The theoretical basis of the selection of the optimal weight norms of freight trains]. *Trudy moskovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* [Proc. of Moscow State University of Railway Engineering], 1970, issue 33. 262 p.
10. Bureika G., Pikūnas A., Pukalskas s analysis of freight diesel locomotives' operation parameters in lithuanian railways. Available at: http://mech-ing.com/journal/archive/2009/9-10/1.mashini/2.bureika.tm09_new.Pdf (Accessed 19 October 2014).
11. Bureika G., Subačius R., Kumara M. Research on energy efficient of rolling-stock operation. *Transbaltica 2009. Proc. of 6 the intern. Sci. Conf. Vilnius, 2009*, pp. 28-32.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

12. Muginshtein L.A., Yabko I.A. Power optimal traction calculation for operation of trains of increased mass and length. Proc. of the 9th intern. Heavy Haul Conf. : «Heavy Haul and Innovation Development». 2009, pp. 1041-1047.
13. Zhang J., Guo X., Chen T., Jin J. Optimized algorithm for train traction calculation under fixed-time mode. Proc. of the 2nd Intern. Conf. on Transport Engineering, ICTE, 2009, pp. 3760-3765. doi: 10.1061/41039(345)620.
14. Shi H. Guo H. Crh train traction calculation model and algorithm based on automatic constant speed icelm 2012: Logistics for Sustained Economic Development - Technology and Management for Efficiency. Proc. of the 2012 intern. Conf. of Logistics Engineering and Management. 2012, pp. 506-512. doi: 10.1061/9780784412602.0079.

Стаття рекомендована к публікації д.т.н, проф. М. І. Капицей (Україна); д.т.н., проф. А. П. Фалендишем (Україна)

Поступила в редколлегию 25.10.2014

Принята в редакцию 16.12.2014