



# Обоснование весовых норм для тяжеловесного движения



Александр БАТУРИН  
Alexander P. BATURIN

Юрий ПАЗОЙСКИЙ  
Yuri O. PAZOYSKIY



Татьяна ЖУКОВА  
Tatyana A. ZHUKOVA

*Батурин Александр Павлович – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.*  
*Пазойский Юрий Ошарович – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.*  
*Жукова Татьяна Александровна – аспирант Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.*

**Justification of Weight Norms for Heavy Haul Transportation**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 132)

**В статье обосновываются весовые нормы для тяжеловесных поездов, оценивается технология их формирования с учётом существующих факторов и условий. В частности, во внимание принимается, что в тяжеловесном движении используются локомотивы с большим числом секций, скорость и время хода по перегонам всех грузовых поездов должны быть одинаковы, а весовые нормы выбирать так, чтобы обеспечивать минимум затрат на освоение заданных объёмов перевозок. Значимость и перспективность формирования тяжеловесных поездов требует разработки технологически обоснованных весовых норм с увязкой, согласованием их с унифицированными нормами для обычных поездов. Приводятся примеры возможных вариантов весовых норм, методика расчёта средних весов, структура грузовых перевозочных затрат при оценке норм для тяжеловесных и обычных поездов.**

*Ключевые слова:* железная дорога, тяжеловесный поезд, весовая норма, поездная погонная нагрузка, распределение фактических весов поездов, распределение длин поездов.

**С** 2003 года в ОАО «РЖД» последовательно проводится работа по повышению среднего веса поезда. В значительной степени этому способствует организация движения тяжеловесных поездов с массой 6000 т и более [1]. В генеральной схеме развития железных дорог РФ на период до 2020 года определён полигон и основные направления движения тяжеловесных поездов, в которых перевозятся уголь, нефть, нефтепродукты, минерально-химические удобрения. При формировании составов из вагонов с осевой нагрузкой 25 т возможны варианты поездов массой 8000–9000 т и более. Принимая во внимание значимость и перспективность тяжеловесного движения, необходимо оценить технологию формирования таких поездов и прежде всего установить технологически обоснованные весовые нормы. При этом важно учитывать следующие факторы:

1. Для тяжеловесного движения используются локомотивы с большим числом секций, чем у обычных (не тяжеловесных) поездов.

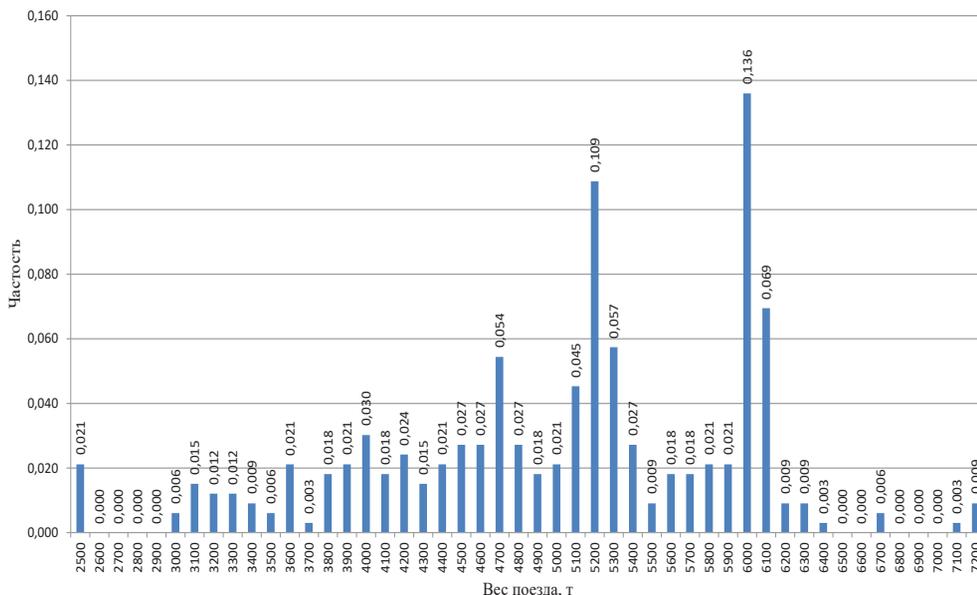


Рис. 1. Гистограмма распределения весов поездов.

2. Скорость, а следовательно, и время хода по перегонам у всех грузовых поездов должны быть одинаковыми, чтобы исключить индивидуальные нитки графика движения.

3. Весовые нормы для обычных и тяжеловесных поездов должны быть согласованы и выбраны таким образом, чтобы обеспечить одинаковое время хода по перегонам участка.

4. Весовые нормы для обычных и тяжеловесных поездов должны быть экономически обоснованы, обеспечивая минимум

перевозочных затрат на освоение заданных объёмов перевозок.

На рис. 1 для участка Лихая–Батайск в чётном направлении движения показано распределение фактических весов поездов брутто. Весовые нормы составляют: унифицированная – 3700 т, для тяжеловесных – 6000 т. В этом распределении 25 % поездов имеют вес в пределах 3400–4600 тонн, что характерно для обычных составов, и 55 % являются тяжеловесными с распределением фактических весов в пределах 5200–6700 т. Всё это свидетель-

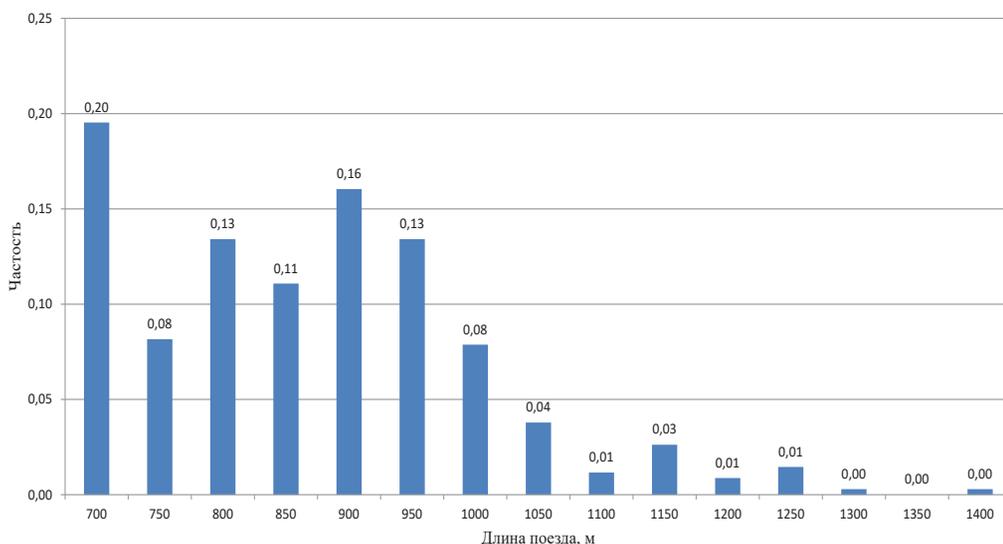
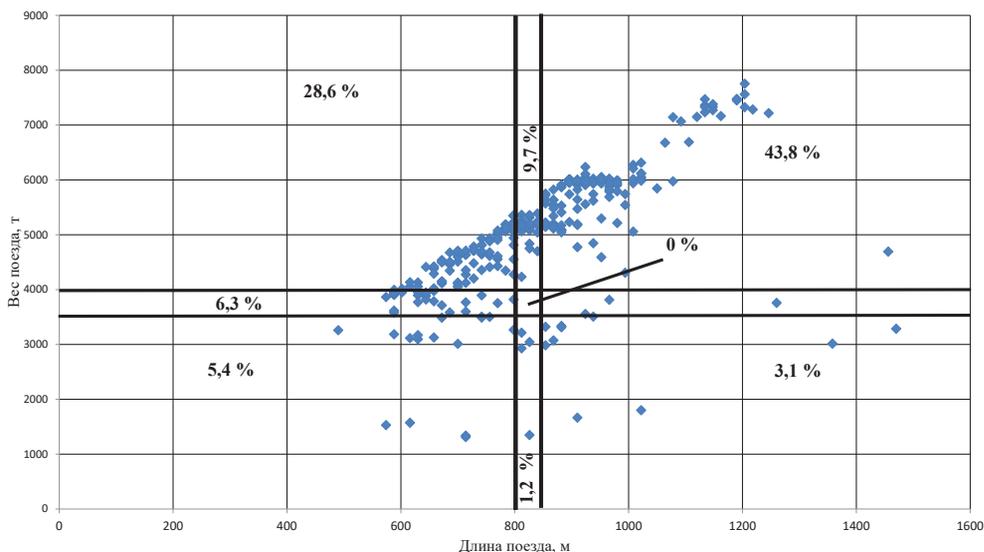


Рис. 2. Гистограмма распределения длин поездов.





**Рис. 3. Диаграмма для совместного распределения весов и длин поездов.**

ствует о том, что формировать поезда в строгом соответствии с заданными весовыми нормами невозможно. Причины две: во-первых, поезда формируются по длине станционных приёмотправочных путей, а во-вторых, необходимо заполнить свободные нитки графиков, отправляя поезда с недоиспользованием весовых норм.

На рис. 2 для того же участка показано распределение фактических длин поездов. Из общего их числа 28 % формируются с недоиспользованием полезной длины станционных путей (57 условных вагонов) и 72 % являются длинносоставными. Совместное распределение фактических весов и длин поездов

(рис. 3) говорит о том, что 54 % обычных поездов сформированы с недоиспользованием как полезной длины станционных приёмотправочных путей, так и весовой нормы. Среди тяжеловесных поездов 39 % имеют вес меньше установленной нормы (6000 т) из-за ограничения по длине станционных путей.

Таким образом, в общем случае из приведённого анализа следует:

1. При заданной весовой норме как для обычных, так и для тяжеловесных поездов формировать их строго в соответствии с весовыми нормами не получается, и именно поэтому возникает разброс весов поездов.

2. Для тяжеловесных и одновременно длинносоставных поездов требуется обеспечить безобгонный пропуск по участку и специализированную нитку графика. Необходимо также принимать во внимание продолжительность накопления вагонов на состав поезда.

3. Обоснование весовых норм для обычных и тяжеловесных поездов рекомендуется осуществлять совместно: например, если для обычных поездов установлена весовая норма 3000 т, и она реализуется двухсекционными локомотивами, то для тяжеловесного поезда возможны весовые нормы 6000 т и менее при условии вожделения локомотивами с четырьмя секциями. Это обусловлено тем, что скорость, а сле-

**Таблица 1**

**Возможные варианты весовых норм**

Весовые нормы для обычных поездов, т	Весовые нормы для тяжеловесных поездов, т
3000	6000
3100	6200
3200	6400
3300	6600
3400	6800
3500	7000
3600	7200
3700	7400
3800	7600
3900	7800
4000	8000

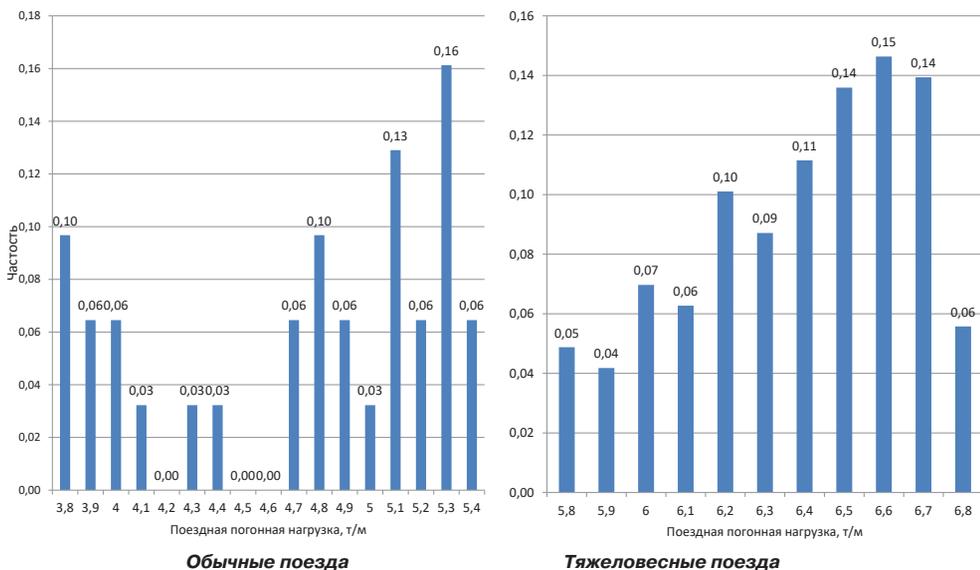


Рис. 4. Гистограммы распределения поездных погонных нагрузок.

довательно, времена хода обычных и тяжеловесных поездов, в графике движения должны быть одинаковы. В таком случае их отправление не исключено по любой грузовой нитке графика.

Последовательность расчётов по совместному выбору весовых норм для обычных и тяжеловесных поездов может состоять из следующих этапов:

1. Сбор статистического материала о весах и длинах поездов на заданных участках направления, на которых планируется организация движения тяжеловесных поездов.
2. В зависимости от мощности тяговых средств составляются варианты взаимосвязанных весовых норм для обычных и тяжеловесных поездов.
3. Для каждого варианта рассчитывается средний вес поезда, размеры движения, ходовая скорость и время хода по перегонам.
4. Оценка каждого варианта осуществляется с помощью приведённых годовых перевозочных затрат, которые рассчитываются как для обычных, так и для тяжеловесных поездов.

Варианты взаимосвязанных весовых норм, исходя из условия, что для тяжеловесных поездов используется двойная тяга и критический вес для обычных поездов составляет 4000 т, могут быть, как в таблице 1.

Безусловно, для тяжеловесных поездов можно устанавливать весовую норму ниже указанных в таблице. Например, при весовой норме обычных поездов 4000 т варьировать нормы для тяжеловесных составов от 6000 до 8000 т. Однако в этом случае мощность двойной тяги будет недоиспользована, что нельзя считать целесообразным.

При расчёте среднего веса поезда в каждом варианте весовых норм используется гистограмма распределения поездных погонных нагрузок, полученная на основе статистической выборки весов и длин грузовых поездов. Поездная погонная нагрузка рассчитывается как отношение среднего веса поезда к его длине. На рис. 4 представлены гистограммы распределения поездных погонных нагрузок для участка Лихая—Батайск в нечётном направлении движения для обычных и тяжеловесных поездов. При расчёте среднего веса поезда используется формула, предложенная профессором К. К. Тихоновым [2]:

$$Q_{оп}^* = \frac{P^* (l_{cm} - a)}{\sum_{i=1}^k \alpha_i + \frac{1}{P} \sum_{i=k+1}^n \alpha_i P_i},$$

где  $P^*$  – среднее значение поездной погонной нагрузки, т/м;

$l_{ст}$  – стандарт длины станционных приемоотправочных путей, м;



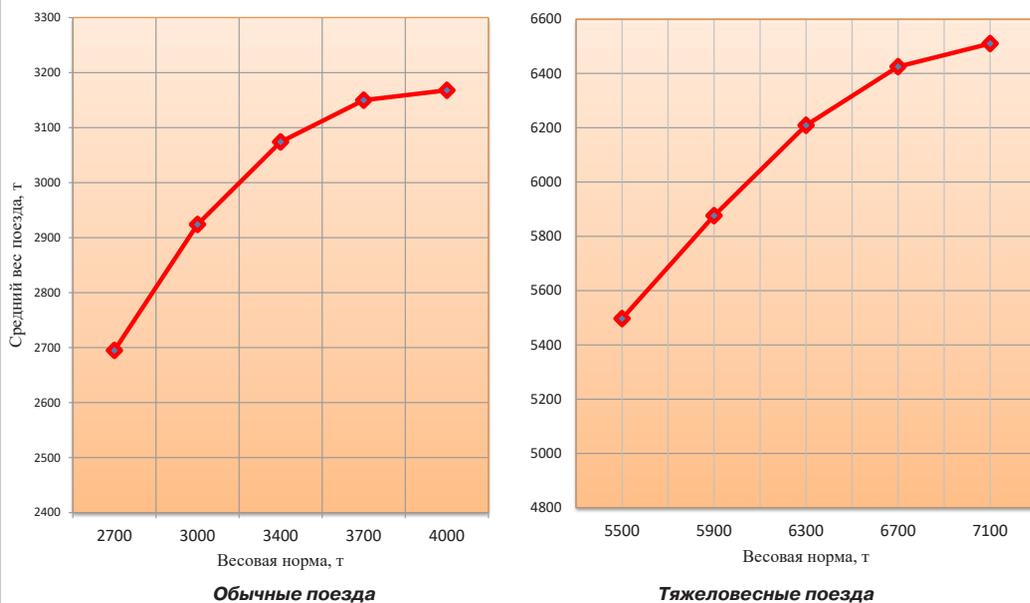


Рис. 5. Зависимости среднего веса поезда от весовой нормы.

$\alpha_i$  – частота  $i$ -го разряда гистограммы распределения поездных погонных нагрузок;

$P_i$  – среднее значение поезда погонной нагрузки в  $i$ -м разряде гистограммы, т/м;

$P_n$  – поезда погонная нагрузка, соответствующая норме массы, т/м;

$k$  – номер разряда гистограммы, правая граница которого совпадает с  $P_n$ ;

$n$  – общее число разрядов гистограммы.

Для корректировки результатов расчёта формулы можно использовать методику [3].

На рис. 5 показаны зависимости среднего веса поезда от весовой нормы для обычных и тяжеловесных поездов. В свою очередь, через средний вес поезда можно рассчитать среднесуточные размеры движения грузовых поездов.

Для обычных поездов:

$$N_{гр}^{об} = \frac{A_{об}}{Q_{бр}^{об}}$$

Для тяжеловесных поездов:

$$N_{гр}^{тяж} = \frac{A_{тяж}}{Q_{бр}^{тяж}}$$

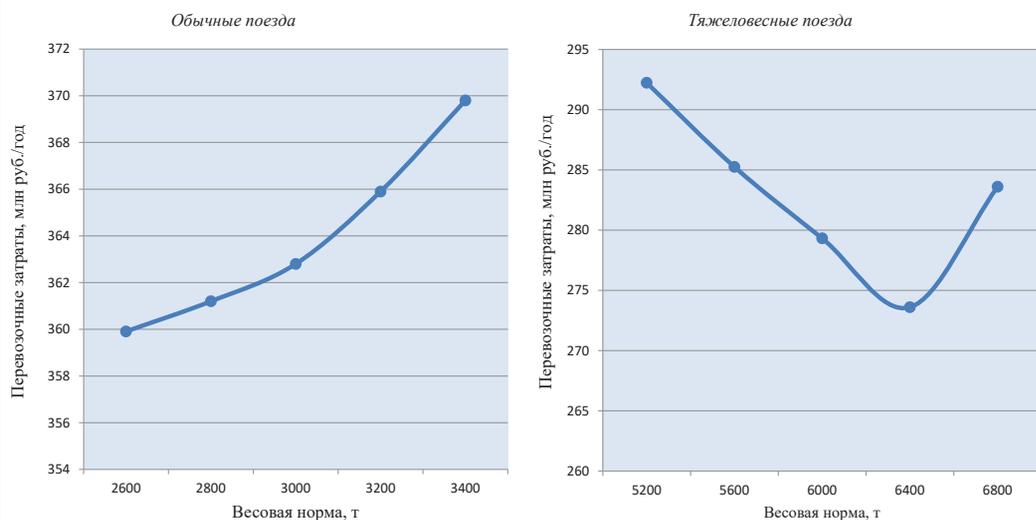


Рис. 6. Годовые перевозочные затраты. Обычные и тяжеловесные поезда.

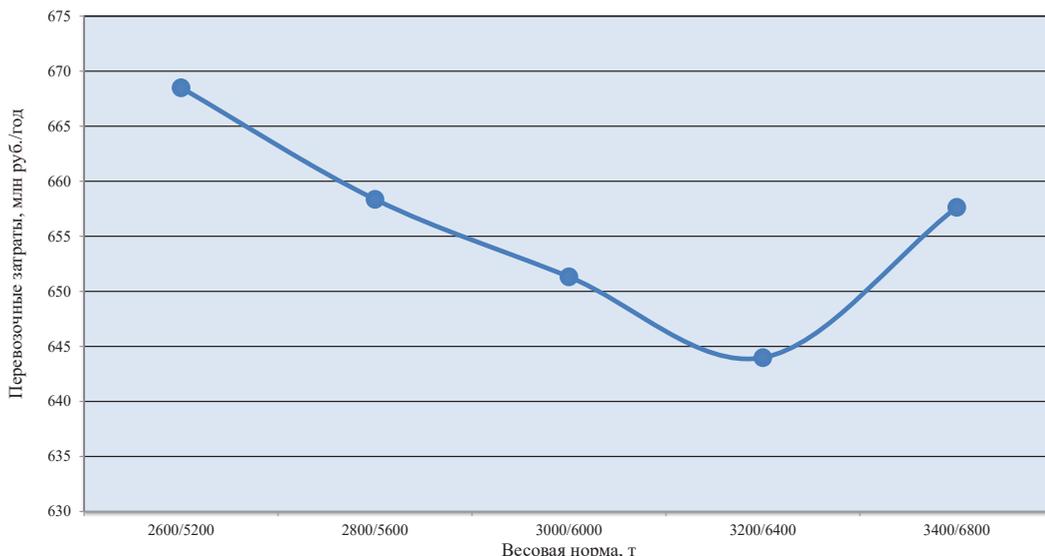


Рис. 7. Суммарные годовые перевозочные затраты.

В этих формулах  $A_{об}$  и  $A_{тяж}$  — суточные объёмы тонн брутто, перевозимые в обычных и тяжеловесных поездах;

$Q_{бр}^{об}$  и  $Q_{бр}^{тяж}$  — средний вес поезда обычного и тяжеловесного.

Изложенные принципы позволяют для заданных вариантов весовых норм рассчитать:

- средний вес обычных и тяжеловесных поездов;
- среднесуточные размеры движения обычных и тяжеловесных поездов;
- ходовую скорость по весовой норме обычных поездов.

Сравнение вариантов весовых норм реализуется через годовые приведённые перевозочные затраты:

$$E(Q_n^{об}; Q_n^{тяж}) = E_{пер}(Q_n^{об}) + E_{пер}(Q_n^{тяж}) + E_{нак}(Q_n^{об}) + E_{нак}(Q_n^{тяж}) + E_{рез}(Q_n^{об}; Q_n^{тяж}),$$

где  $E_{пер}(Q_n^{об}); E_{пер}(Q_n^{тяж})$  — годовые затраты на направление, связанные с перемещением обычных и тяжеловесных поездов;

$E_{нак}(Q_n^{об}); E_{нак}(Q_n^{тяж})$  — годовые затраты на накопление обычных и тяжеловесных поездов;

$E_{рез}(Q_n^{об}; Q_n^{тяж})$  — годовые затраты на резервный пробег локомотивов и бригад.

На рис. 6 представлены результаты расчёта по выбору оптимальных весовых норм для обычных и тяжеловесных поездов. Характерно, что годовые затраты для обычных с повышением весовых норм возрастают, а для тяжеловесных имеют оптимум. Суммарные годовые затраты (рис. 7) определяют оптимальные весовые нормы для обычных и тяжеловесных поездов, которые составляют 3200 т для первых и 6400 т для вторых.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пехтерев Ф. С. Перспективные полигоны обращения тяжеловесных поездов // Железнодорожный транспорт. — 2014. — № 9. — С. 7–10.
2. Тихонов К. К. Теоретические основы выбора оптимальных весовых норм грузовых поездов. — М.: Транспорт, 1970. — 200 с.
3. Батурин А. П. Расчёт среднего веса грузового поезда // Мир транспорта. — 2014. — № 3. — С. 6–13.

Координаты авторов: Батурин А. П. — baturinap@mail.ru, Пазойский Ю. О. — pazoyский@mail.ru, Жукова Т. А. — zhukova411@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 06.11.2018, принята к публикации 20.11.2018.

