



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКОЙ НОРМЫ
ВЕЛИЧИНЫ СОСТАВОВ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ**

Суюнбаев Шинполат Мансуралиевич

д.т.н., профессор, Ташкентский государственный транспортный университет
shinbolat_84@mail.ru

Хусенов Уткир Уктамжон угли

ассистент, Ташкентский государственный транспортный университет
otkirxusenov@mail.ru

Тохтаходжаева Мафратхон Махмудовна

ст. преподаватель, Ташкентский государственный транспортный университет
mafirat.toxtaxodjayeva.66@mail.ru

Юсупов Азизжон Кахрамонович

ст. преподаватель, Ташкентский государственный транспортный университет
yusupovaziztosh@gmail.com

Аннотация: Работа не по графику приводит к нарушению взаимодействия основных элементов железнодорожного направления – технических станций, участков и системы тягового обеспечения. Вследствие этого, увеличивается непроизводительные простои подвижного состава на стыках этих элементов, ухудшаются качественные показатели работы железных дорог. В статье рассмотрена новая технология, основанная на применении гибкой нормы величины составов грузовых поездов и установлены, что формирование поездов по гибкой норме составов позволит существенно сократить затраты вагоно-часов на накопление.

Ключевые слова: вагонопоток, гибкий график, твёрдый график, состав грузового поезда, “потерянный” доход.

**DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE FLEXIBLE NORM OF THE
SIZE OF FREIGHT TRAINS**

Suyunbaev Shinpolat

doctor of technical sciences, professor, Tashkent State Transport University
shinbolat_84@mail.ru

Khusenov Utkir

assistant, Tashkent State Transport University
otkirxusenov@mail.ru

Tokhtakhodjaeva Mafratkhan

senior lecture, Tashkent State Transport University
mafirat.toxtaxodjayeva.66@mail.ru



Yusupov Azizjon

senior lecture, Tashkent State Transport University
yusupovaziztosh@gmail.com

Annotation: Work not on schedule leads to disruption of the interaction of the main elements of the railway direction – technical stations, sections and traction systems. As a result, unproductive downtime of rolling stock at the junctions of these elements increases, and the quality indicators of railway operation deteriorates. The article considers a new technology based on the application of a flexible norm of the size of freight trains and establishes that the formation of trains according to a flexible norm of trains will significantly reduce the cost of car hours for accumulation.

Key words: car traffic, flexible schedule, fixed schedule, freight train composition, “lost” income.

ВВЕДЕНИЕ

В различные периоды деятельности железных дорог стран СНГ применялись различные способы пропуска поездов на железнодорожных направлениях. При этом имелись два подхода по отношению к графику движения, от которых и зависело принятие той или иной технологии пропуска поездов на железнодорожных направлениях:

- оперативное управление эксплуатационной работой направлено на повышение роли графика как технологической основы и базируется на строгом соблюдении графика движения поездов, выполнении и перевыполнении всех его нормативов;

- оперативное управление эксплуатационной работой базируется на использовании графика движения в основном как нормативного документа, а продвижение поездопотоков на направлении осуществляется на основе оперативного диспетчерского руководства.

Для обеспечения устойчивого и качественного движения поездов в современных условиях необходимо, чтобы нормативный график стал и рабочим, т.е. перевозочный процесс осуществлялся только по нормативному графику. Для этого каждая нитка такого графика должна быть «твёрдой». При этом требование полновесности и полносоставности отправляемых поездов снимается.

Бесспорно, отправлять полновесные и полносоставные поезда экономически выгодно, но с другой стороны момент готовности состава к отправлению зависит от времени поступления замыкающей группы вагонов, а это время неизвестно вплоть до получения оперативной информации о поступлении. Кроме того, имеет место возможное отклонение момента фактического прибытия от спрогнозированного. Целесообразно в условиях оперативного планирования отправить этот поезд не дожидаясь, когда его норма станет максимальной. Благодаря этому снизится простой под накоплением, уменьшится непроизводительный простой локомотива в ожидании готовности состава, локомотив не будет отправлен резервом.

При отправлении всех поездов полновесными и полносоставными [1] достигается минимизация затрат, связанных с перевозками грузов. Но при объективно существующих колебаниях вагонопотоков такая тактика приводит к тому, что в процессе перевозок существенно варьируется число отправляемых поездов и поезда отправляются по готовности. Это приводит к тому, что происходит сгущение поездопотока, приводит к замедлению оборота вагонов, невозможным потерям пропускной способности. При



реализации строго фиксированной нормы веса переходящие остатки, будут наибольшими, что обуславливает возникновение наибольших простоев вагонов под накоплением.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как считает проф. Персианов В.А., неравномерность перевозочного процесса можно сгладить другой, искусственно создаваемой «неравномерностью» - функциями регулирования и управления. Он также отмечает, что при решении вопросов организации вагонопотоков было бы неэффективно на год или полугодие вперед предрешать план формирования поездов, который все больше должен брать на себя функции оперативного планирования [2].

По мнению канд. техн. наук Волкова В.С. [3-4] неравномерность накопления составов при формировании полновесных поездов еще больше усиливает внутрисуточную неравномерность движения поездов, что приводит к значительным межоперационным простоям. Для устранения этих недостатков предлагается формировать поезда гибкого состава, причем допустимые колебания числа вагонов в составе поезда устанавливаются в зависимости от дальности следования, мощности струи вагонопотоков и загрузки прилегающих к технической станции участков. Однако в этих исследованиях отсутствуют предложения по устранению главных источников усиления внутрисуточной неравномерности, как недостатки существующей системы оперативного планирования и управления эксплуатационной работой, приводящие к низкой устойчивости обеспечения ниток локомотивами.

В исследовании [5] доказываемся, что применение формирования поездов гибкой весовой нормы приводит к уменьшению простоев вагонов на станции. Авторы [6] подтверждают этот вывод и на основе сравнения различных систем организации движения приходят к выводу, что при отправлении поездов по каждой нитке графика, в том числе и неполносоставных, всегда выгоднее, чем существующая система организации движения поездов, предусматривающая отправление полновесных поездов по любой нитке графика движения.

В некоторых научных исследованиях технология перевозочного процесса обосновывалась при работе отдельных или же нескольких элементов транспортной системы без недостаточного учета их взаимодействия, что часто приводило к неточным результатам [7-20].

В работе [21] Суюнбаев Ш.М. установил, что в условиях твердого графика внутрисуточные колебания вагонопотоков отдельных назначений аппроксимируются законом распределения Эрланга с параметром $k=3-7$, которые позволили определить величины остатка в условиях твердого графика. Методом имитационного моделирования установил, что распределение величины накопленных вагонов на нитки графика аппроксимируются законом распределения Эрланга с параметром $k=3-8$. Определил расписания отправления грузовых поездов данного назначения с помощью способа сравнения возможных вариантов расписания. На основе методике технико-экономических расчетов определил сферы применения полного твердого, неполного твердого и гибкого графика.

Для устойчивой работы технологии пропуска поездов переменного по весу и длине состава по твердым ниткам графика в зарубежных странах на станциях перецепки содержится определенный парк резервных локомотивов, сохраняется жесткость нитки графика не только по количеству, но и по назначениям плана формирования в рамках границ участка обращения локомотивов.

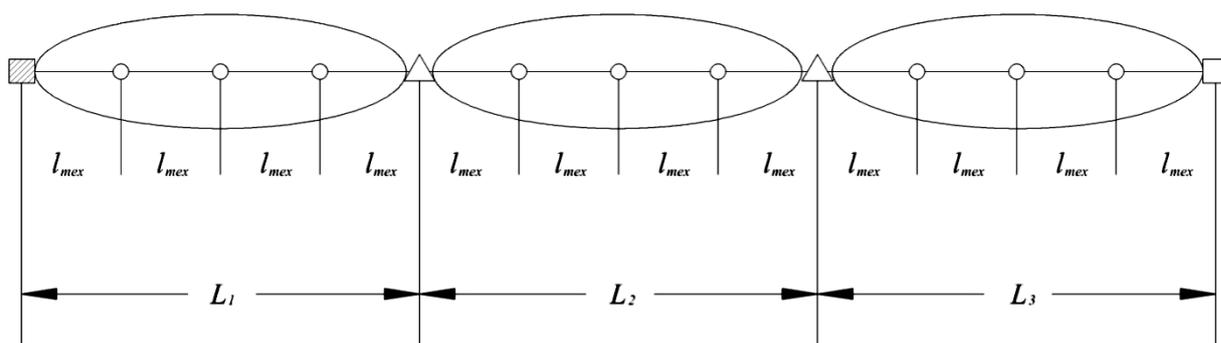
Таким образом, на зарубежных железных дорогах, несмотря на наличие значительных резервов пропускной способности, большое значение уделяется

повышению роли графика, как технологической основы перевозочного процесса. Исходя из этого, для сравнения с существующей технологией отправления поездов по готовности (существующая технология) выбраны технологии пропуска поездов переменного по весу и длине состава по твёрдым ниткам графика (зарубежная технология). Обеспечение указанных технологий зависит от работы трех взаимосвязанных основных элементов железнодорожного направления: технических станций, участков и системы тягового обеспечения.

После того как были произведены расчеты всех типов графиков движения, нельзя утверждать с полной уверенностью, что именно этот тип графика является приемлемым. Необходимо произвести экономический расчет и в совокупности дать общую оценку сфер применения каждого типа графика.

Технико-экономический расчет был произведен для участков железной дороги АО «Узбекистон темир йуллари», где учитывались особенности формирования поездов, отправление и проследование по участку. Для производимого экономического расчета были приняты расходные ставки АО «УТЙ».

На железной дороге АО «УТЙ» в грузовом движении используются электровозы серии Uzbekiston. Все расчеты выполнены для участка обращения локомотивов 450 км (рис. 1) на двухпутной линии с автоблокировкой, дальность перевозки км с шагом 100 км.



Условные обозначения;

-  - станция формирования поезда;
-  - станция назначения поезда;
-  - станция смены локомотивов;
-  - техническая станция обработки транзитного поезда;

Рис. 1 Схема маршрута следования поезда.

Для оценки эффективности систем организации движения поездов использованы методика [5, 21-23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения общих расходов гибкого графика ниже графической нормы, необходимо произвести расчеты для всех полученных отклонений Δt от средней величины состава и наименьшую величину сопоставить с затратами других типов графика. На рис. 2 показаны затраты для различных типов графиков.

Для определения оптимальной величины состава при указанных условиях для $m_{\max}=57$ вагон в зависимости от среднесуточного вагонопотока U и дальности следования поезда (протяженности маршрута) L составлена матрица значений Δt , которая дает представление о характере изменения этой величины (табл. 1).

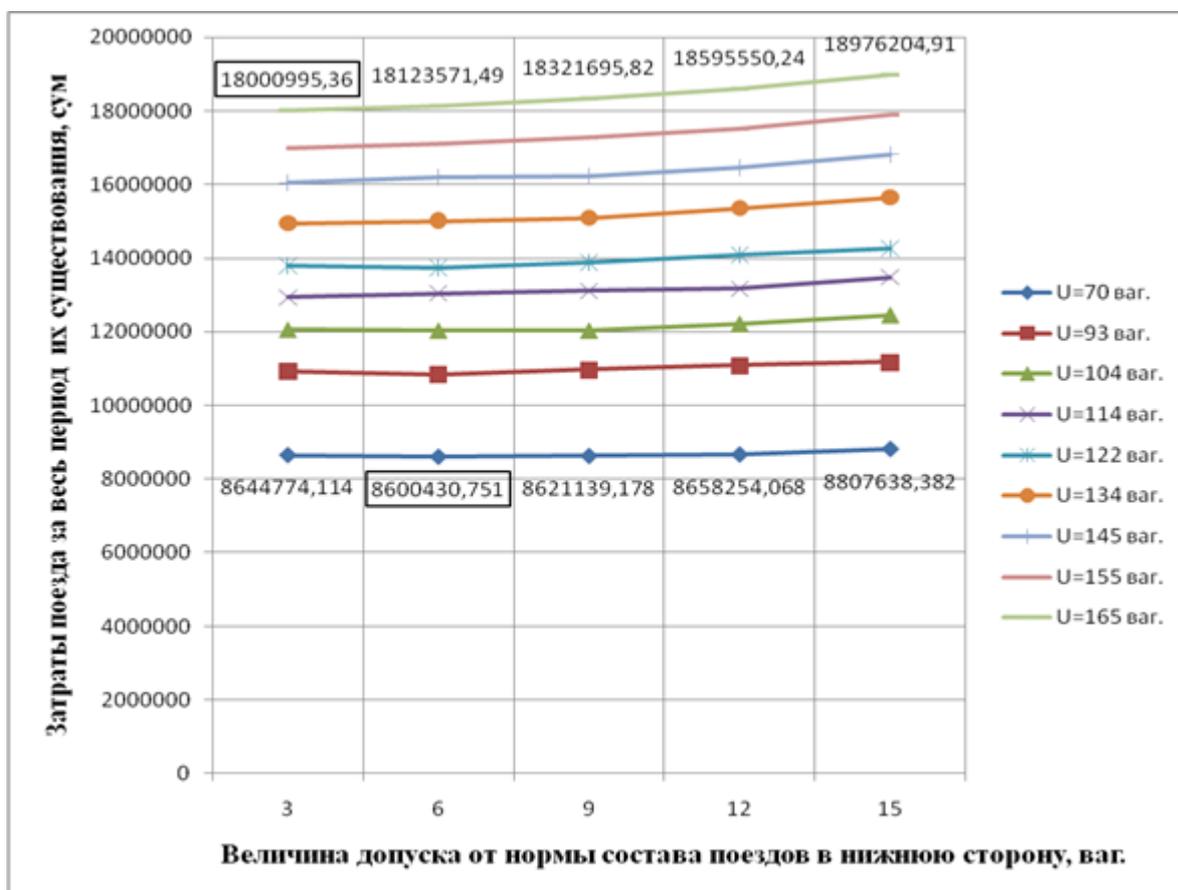


Рис. 2. График зависимости затраты на поезда от величины допуска от нормы состава при $e_{вч} = 2839$ ваг.-часа, $m_{max}=57$ вагон и $L=300$ км.

Таблица 3.1

Значения величины оптимального отклонения от нормы состава в зависимости от среднесуточного вагонопотока и протяжённости маршрута

$L \backslash U$	70	93	104	114	122	134	145	155	165
100	15	12	-	-	-	-	-	-	-
200	12	9	-	-	-	-	-	-	-
300	9	6	-	-	-	-	-	-	-
400	6	6	-	-	-	-	-	-	-
500	3	3	-	-	-	-	-	-	-
600	2	-	-	-	-	-	-	-	-
700	-	-	-	-	-	-	-	-	-
800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
900	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Так, при среднесуточном вагонопотоке назначения $U=70$ вагонов при дальности следования поезда $L=100$ км средняя оптимальная норма состава будет определяться диапазоном 42-57 вагон. Интересно отметить, что с увеличением суточного вагонопотока и дальности следования оптимальная норма состава стремится к постоянному значению m_{max} .



Оптимальная величина состава $m_{от}$ при прочих равных условиях напрямую зависит от значений стоимости (расходных ставок) вагоно-часа, локомотиво-часа, стоимости 1 кВт.ч электроэнергии ($e_{вч}$, $e_{лч}$, $e_{ткм}$, $e_{эл}$). В результате будет получена чрезмерно большая величина состава, обеспечивающая экономию локомотиво-часов за счет излишней затраты вагоно-часов.

Такой эффект возникает вследствие того, что величина $e_{вч}$ включает в себя только расходы на содержание вагона и амортизацию. Они настолько малы по сравнению с расходами на содержание поездного локомотива с бригадой, что экономически выгодно решать этот вопрос, обрекая вагоны на существенный простой. Получается парадоксальная ситуация: выгодно, чтобы стояли и вагоны и локомотивы. С другой стороны, расходы на содержание вагона и амортизацию невозможно сэкономить - они не зависят от характера использования вагона.

Основным источником дохода на железнодорожном транспорте является именно грузовой вагон, находящийся в движении, поэтому, экономя вагоно-часы, то есть экономя рабочий парк, железнодорожный транспорт получает дополнительный доход от использования высвобожденных вагонов. Величина $e_{вч}$ должна включать в себя “потерянный” доход, который будет реализован в случае экономии вагоно- часов. Величину “потерянного” дохода на 1 ваг.-ч можно определить следующим образом [5]:

$$e_{пот} = \frac{\alpha_{ткм} \cdot w}{240} \text{ сум/ваг.-ч} \quad (1)$$

где $\alpha_{ткм}$ – доходная ставка по грузовым перевозкам на 10 ткм, сум/10ткм;

w – производительность грузового вагона, ткм/ваг.-сут.

Например, если $\alpha_{ткм}=121,26$ сум/10ткм, $w = 1929$ ткм/ваг.-сут., то

$$e_{пот} = 121,26 \cdot 1929 / 240 = 975 \text{ сум/ваг.-ч.}$$

Тогда величина стоимости вагоно-часа будет составлять:

$$e_{вч} = 2839 + 975 = 3814 \text{ сум/ваг.-ч.}$$

Такой подход является правомерным, поскольку позволяет перейти от затратного критерия к критерию, который учитывает доход от более интенсивного использования вагонов.

Поскольку каждый элемент затрат есть функция величины состава $f(m)$, то общие расходы на продвижение вагонов отдельного назначения можно определить суммированием этих элементов $E(m) = \sum_i f_i(m)$. Данный функционал правомерно рассматривать как целевую функцию задачи определения оптимальной величины состава отдельного назначения. Поскольку она является функцией одного аргумента m , то его оптимальное значение может быть определено путем исследования целевой функции на минимум. С этой целью необходимо взять первую производную функции по аргументу m приравнять ее к нулю, затем решить полученное уравнение относительно m : $\frac{dE(m)}{d(m)} = 0$.

Таким образом, задача оптимизации состава поезда формулируется следующим образом: требуется определить такое значение величины состава m , при котором целевая функция $E(m)$ принимает минимальное значение. При необходимости надо учитывать ограничения по максимальной величине состава.

На рис. 3 приведена зависимость оптимальной нормы состава $m_{от}$ от величины среднесуточного вагонопотока, для протяженности маршрута следования 300 км.

Расчеты производились последовательно для значений вагоно-часа без учета “потерянного” дохода $e_{вч} = 2839$ сум и с учетом “потерянного” дохода $e_{вч} = 3814$ сум. Анализ рис. 3.3 показал, что с учетом “потерянного” дохода расширяется сфера эффективности применения гибкой нормы величины составов грузовых поездов.

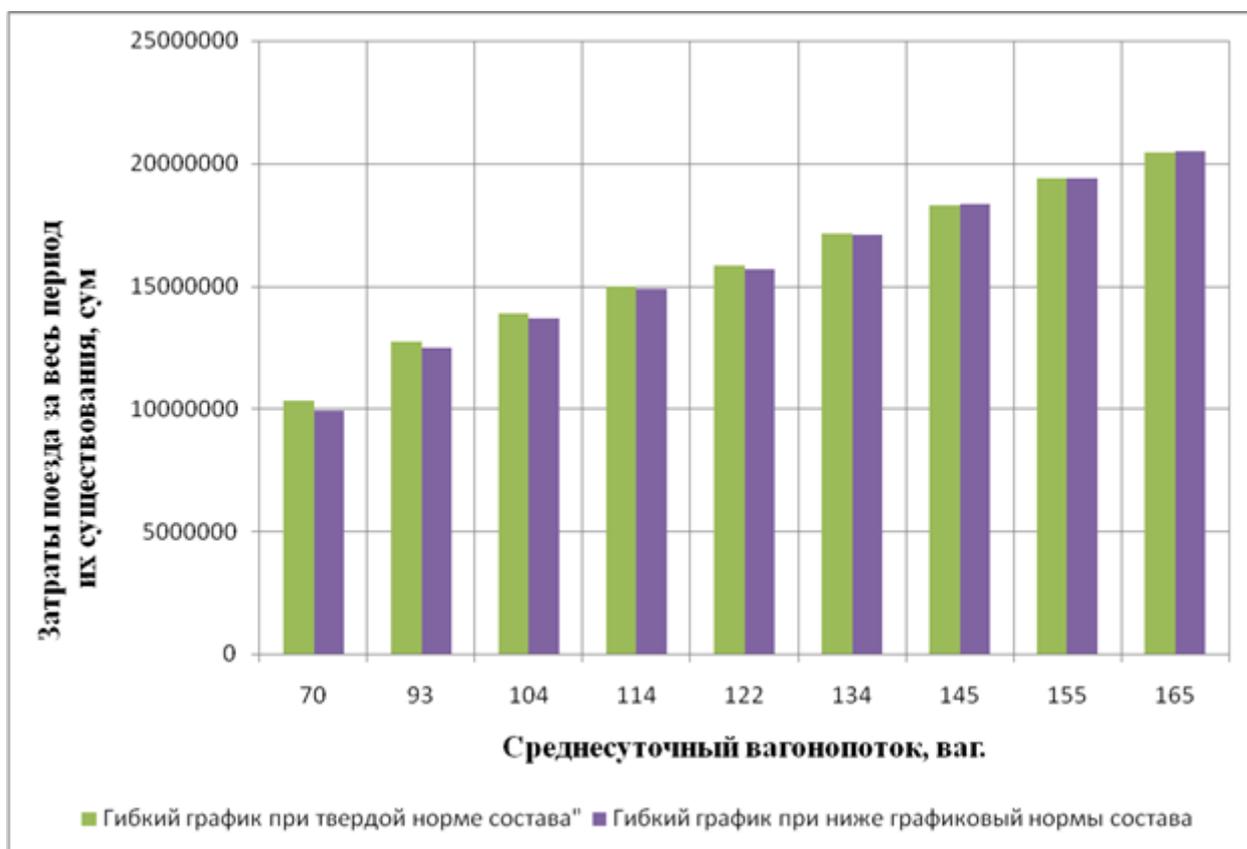


Рис. 3. График зависимости затраты на поезда от среднесуточного вагонопотока при $e_{вч} = 3814$ ваг. - часа, $m_{max}=57$ вагон и $L=300$ км.

Таблица 3.2

Значения величины оптимального отклонения от нормы состава в зависимости от среднесуточного вагонопотока и протяженности маршрута

$L \backslash U$	70	93	104	114	122	134	145	155	165
100	18	15	12	10	8	6	4	2	-
200	15	13	10	8	6	4	2	-	-
300	12	10	8	6	4	2	-	-	-
400	9	7	5	3	2	-	-	-	-
500	6	5	2	2	-	-	-	-	-
600	4	2	-	-	-	-	-	-	-
700	2	-	-	-	-	-	-	-	-
800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
900	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Для определения оптимальной величины состава для $m_{max}=57$ вагон с учетом “потерянного” дохода в зависимости от среднесуточного вагонопотока U и дальности следования поезда (протяженности маршрута) L составлена матрица значений Δm (таблица), которая дает представление о характере изменения этой величины (табл. 3.2).

Анализ табл. 1 с табл. 2 показал, что график зависимости оптимальной величины состава от среднесуточного вагонопотока без учета “потерянного дохода” находится за пределами величины ограничения по m_{max} . При увеличении протяженности маршрута величина оптимальной нормы состава стремится к m_{max} . С учетом “потерянного” дохода



картина существенно меняется, т.е. расширяется сфера эффективности применения гибкой нормы величины составов грузовых поездов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экономически целесообразно отказаться от фиксированной нормы состава по максимальной вместимости путей и перейти к гибкой норме задавая нижнюю границу с учетом оптимальной ее величины и верхнюю по вместимости путей.

2. Формировать поезда следует таким образом, чтобы включить в состав максимально возможное на момент формирования количество вагонов, то есть в каждом случае стремиться к безостаточному накоплению вагонов отдельного назначения.

3. Существенное значение играет оценка стоимости вагоно-часа. При учете только расходной ставки, не отражающей эффективность использования вагонов, возникает ситуация когда выгодно возить составы только по максимальной норме. При учете «потерянного» дохода оптимальная норма состава существенно зависит от его величины, которая определяется доходной ставкой.

Список литературы

1. Некрашевич В.И. Проблема адаптации графика движения грузовых поездов к колебаниям вагонопотоков / Вестник ВНИИЖТ. – 2006. – №4. – С.8-15.
2. Персианов В.А., Семёнов Л.Н. Резервы повышения пропускной способности // Ж.-д. трансп. – 1984. – №7. – С. 50-55.
3. Волков В.С. Все ли поезда должны иметь максимальную длину? // Железнодорожный транспорт. – 1989. – №6. – С. 32-34.
4. Волков В.С. Накопление составов переменной длины // Железнодорожный транспорт. – 1982. – №7. – С. 27-30.
5. Кукушкина Я.В. Метод обоснования гибкой нормы величины составов однопутных технических маршрутов / Дисс. на соискание уч. степени. к.т.н. – СПб.: ПГУПС, 2011. – 158 с.
6. Кудрявцев, В. А., Кукушкина, Я. В., & Суюнбаев, Ш. М. (2010). Новый подход к расчету затрат вагоночасов на накопление. Известия Петербургского университета путей сообщения, (1), 5-10.
7. Кудрявцев, В. А., Кукушкина, Я. В., & Суюнбаев, Ш. М. (2010). Определение суточных затрат вагоночасов на накопление составов. Железнодорожный транспорт, (3), 29-31.
8. Жумаев, Ш. Б., Суюнбаев, Ш. М., & Ахмедова, М. Д. (2019). Влияние расписания грузовых поездов по отправлению в условиях твердого графика движения на показатели составаобразования. Наука и инновационные технологии, (11), 25-29.
9. Кудрявцев, В. А., & Суюнбаев, Ш. М. (2012). Возможность и условия применения твердого графика движения грузовых поездов на Российских железных дорогах. In Актуальные проблемы управления перевозочным процессом (pp. 43-49).
10. Суюнбаев, Ш. М., Жумаев, Ш. Б. Ё., Бўриев, Ш. Х. Ё., & Туропов, А. А. Ё. (2021). Темир йўл участкаларида маҳаллий вагонлар оқими турли тоифадаги поездлар билан ташкил этиш усуллари техник-иқтисодий баҳолаш. Academic research in educational sciences, 2(6), 492-508.
11. Arifov, N. M. (2021). Rapid planning of mixed-structure train organization in the context of non-proportional wagon-flows. Design Engineering, 6062-6078.
12. Суюнбаев, Ш. М. (2010). Оперативное планирование эксплуатационной работы в условиях организации движения грузовых поездов по твердому графику. Известия Петербургского университета путей сообщения, (3), 15-24.



13. Айрапетова, Г. Г., & Суюнбаев, Ш. М. (2015). Возможности применения твердого графика движения грузовых поездов на ГАЖК" Узбекистон темир йуллари". In Логистика: современные тенденции развития (pp. 5-6).
14. Кудрявцев, В. А., & Суюнбаев, Ш. М. (2010). Целесообразность использования твердого графика движения грузовых поездов. Сб. ст. ВТИ, (18), 145-149.
15. Суюнбаев Шинполат Мансуралиевич, Хусенов Уткир Уктамжон угли, Умирзаков Давлатжон Долимжон угли, & Тожибоев Жахонгир Баходир угли. (2023). ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ В УСЛОВИЯХ ТВЕРДОГО ГРАФИКА: FEATURES OF CALCULATION OF THE PLAN OF FORMATION OF FREIGHT TRAINS IN THE CONDITIONS OF A SOLID SCHEDULE. Молодой специалист, 1(9), 15–22.
16. Суюнбаев, Ш. М., & Нартов, М. А. (2021). Разработка методики энергооптимальных тяговых расчетов для тепловозов промышленного транспорта. In Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения (pp. 13-17).
17. Suyunbayev, S., Khusenov, U., Khudayberganov, S., Jumayev, S., & Kayumov, S. (2023). Improving use of shunting locomotives based on changes in infrastructure of railway station. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 365, p. 05011). EDP Sciences.
18. O'Tkir Xusenov, & Mafratxon Toxtaxodjayeveva (2021). SHAHAR ATROF UCHASTKALARINING ZONALARI SONI VA O'TKAZUVCHANLIK QOBILIYATINI ANIQLASH. Актуальные вопросы развития инновационно-информационных технологий на транспорте, 2021 , 108-113. doi: 10.47689/978-9943-7818-0-1-pp108-113
19. Xusenov O'Tkir O'Ktamjon O'G'Li, & Toxtaxodjayeveva Mafratxon Maxmudovna (2021). YO'LOVCHI VOKZALLARI VA TO'XTASH PUNKTLARIDA YO'LOVCHILARGA SERVIS XIZMAT KO'RSATISH SIFATINI OSHIRISH TARTIBI. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, 1 (4), 1408-1413.
20. СУЮНБАЕВ, Ш. М., ХУСЕНОВ, У. У. У., КАЮМОВ, Ш. Ш. У., & ПУЛАТОВ, М. М. У. ТОВ ММ РАСЧЁТ ПОТРЕБНОГО ПАРКА ВАГОНОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАЮЩЕГО ОБЪЕМА ГРУЗОПОТОКОВ.
21. Суюнбаев, Ш. М. (2011). Закономерности поездообразования на технических станциях при отправлении поездов по ниткам твердого графика (Doctoral dissertation, Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения).
22. Бодюл В.И. Повышение ритмичности и эффективности транспортного производства на основе снижения внутрисуточной неравномерности грузовых перевозок на железных дорогах / Автореф. дисс. ... док. техн. наук. – М.: ВНИИЖТ. – 2006. – 48 с.
23. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 2005 – 287 с.