

УДК 656.212.5

**АНАЛИЗ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК
НА МАГИСТРАЛЬНОМ И ПРОМЫШЛЕННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ**

Р.В. Вернигора, Н.И. Березовый

**АНАЛІЗ НЕРІВНОМІРНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
НА МАГІСТРАЛЬНОМУ ТА ПРОМИСЛОВОМУ ЗАЛІЗНИЧНОМУ
ТРАНСПОРТІ**

Р.В. Вернигора, М.І. Березовий

**ANALYSIS OF THE UNEVENNESS OF THE MAIN AND INDUSTRIAL
RAILWAY TRANSPORT'S FREIGHT WORK**

R. Vernigora, N. Berezovy

В статті виконано порівняльний аналіз нерівномірності вантажних перевезень магістрального та промислового залізничного транспорту. Наведено результати дослідження нерівномірності в роботі опорних сортувальних станцій та декількох великих під'їзних колій України.

Ключові слова: нерівномірність, перевезення, станція, надійність, підприємства.

В статье выполнен сравнительный анализ неравномерности грузовых перевозок на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте. Приведены результаты исследований неравномерности в работе опорных сортировочных станций и крупных подъездных путей Украины.

Ключевые слова: неравномерность, перевозка, станция, надежность, предприятия.

The report is devoted to the benchmark analysis of unevenness of the volumes of the main and industrial railway transport's work. The results of the research of unevenness in functioning of the main switchyards and large industrial railway transports are brought in report.

Key words: unevenness, transportation, station, reliability, plants.

1. Анализ проблемы и постановка задачи исследования

Одним из наиболее существенных факторов, оказывающих негативное влияние на все звенья транспортного процесса, является неравномерность. Объемы погрузки и выгрузки, размеры вагоно- и поездопотоков на железнодорожном транспорте не постоянны, а изменяются по сезонам, месяцам, декадам, суткам, часам. Колебания величины объема перевозок, обуславливаемое сезон-

ностью производства и потребления ряда видов продукции, развитием производительных сил, неустойчивостью функционирования рынка, прерывностью работы предприятий, эксплуатационными и техническими условиями работы самого транспорта, является специфической особенностью перевозочного процесса, которую необходимо учитывать при организации перевозок. В общей структуре неравномерности эксплуатационной работы железных дорог можно выделить: внутригодовую (сезонную) неравномерность, суточную (внутримесячную, внутринедельную) и внутрисуточную.

Причины, вызывающие неравномерность на железнодорожном транспорте, традиционно принято разделять на три группы: экономические, технические и организационные [1]. К *экономическим* причинам относят колебания выпуска продукции предприятиями, сезонность производства, заключение сделок на поставку продукции и товаров, изменение конъюнктуры рынка. К *техническим* факторам, обуславливающим возникновение неравномерности в работе железных дорог, относятся случайный характер поездообразования на станциях формирования, маршрутизация перевозок по роду груза, отказы технических средств и др. К *организационным* причинам можно отнести установившиеся режимы работы предприятий (сменность, выходные и праздничные дни), предоставление «окон» для ремонтных работ, сгущение подвода поездов к пунктам сдачи перед отчетным часом (на 17 ч), наличие в графике движения пассажирских поездов, ожидание локомотивов поездами и др.

В современных условиях работы неравномерность в погрузке и перевозках грузов все более увеличивается, что вызывает существенные потери как на магистральном, так и на промышленном железнодорожном транспорте. Одной из причин этого является переход от системы глобального государственного планирования к рыночным методам составления планов. При этом на многих предприятиях производство продукции выполняется «под заказ» и, соответственно, отправление грузов осуществляется крайне не ритмично. Кроме того, как показывает анализ, существенное влияние на увеличение неравномерности перевозок в настоящее время оказывает постоянное возрастание доли частных вагонов в общей структуре вагонопотока. Ряд исследований показывает, что за годы независимости внутригодовая неравномерность перевозок возросла в среднем на 7-10%, а суточная – на 50% [2]. Особо актуальной проблема неравномерности перевозок является для железнодорожного транспорта подъездных путей, функционирование которых характеризуются колебаниями объемов работы в значительных пределах.

Наличие неравномерности перевозок необходимо учитывать не только при оперативном планировании работы, но, в первую очередь, при определении потребной пропускной и перерабатывающей способности технических средств железнодорожного транспорта (вагонного и локомотивного парка, путевого развития, погрузо-разгрузочных механизмов), в т.ч. и на стадии их проектирования, а также при разработке технических нормативов эксплуатационной работы железнодорожного транспорта (технических планов, графика движения поездов, Единых технологических процессов работы промышленных предприятий станций примыкания и др.). При этом перед железнодорожниками возни-

кает весьма противоречивая задача: либо иметь дополнительные провозные и перерабатывающие способности технических средств, рассчитанные на максимум перевозок, либо в определенные периоды времени предусматривать возможность неполного освоения имеющихся объемов работы.

Потребная мощность (перерабатывающая или пропускная способность) технических средств в большинстве случаев определяется, исходя из расчетных суточных объемов работы:

$$Q_{расч}^{сум} = K_{нер} \cdot Q_{сред}^{сум},$$

где $K_{нер}$ – расчетный коэффициент неравномерности; $Q_{сред}^{сум}$ – среднесуточные объемы работы.

Определение же расчетного коэффициента неравномерности представляет собой весьма непростую и противоречивую задачу: завышение этого коэффициента может привести к необходимости сооружения и содержания неиспользуемых производственных мощностей; занижение же коэффициента приводит к снижению уровня эксплуатационной надежности данного технического устройства, а значит и всего транспортного предприятия в целом.

Исследование проблемы неравномерности грузовых перевозок и поиск путей ее снижения имеет в отечественной эксплуатационной науке достаточно длительную историю. Негативное влияние неравномерности на эксплуатационную работу железных дорог отмечали специалисты-эксплуатационники еще в конце 19 века. В 1920-1930-е годы вопросам анализа причин неравномерности посвящены работы проф. Земблинова М.В. [3]. Вместе с тем в 1930–1950-е годы в отечественной эксплуатационной науке превалировала идеология организации движения поездов по жестким расписаниям и отвергалась позиция о неизбежности наличия неравномерности вагонопотоков и поездопотоков; при этом само понятие «неравномерность» было объявлено «ширмой для сокрытия плохой работы». Однако, практика организации и реализации железнодорожных перевозок в итоге показала бесперспективность и ошибочность указанной концепции и заставила ученых-эксплуатационников всерьез заняться исследованием неравномерности в эксплуатационной работе железных дорог. В разные годы исследованием данной проблемы занимались многие ученые, среди которых особо следует выделить работы [1, 4-6]. Однако, несмотря на значительный объем исследований, выполненных в эксплуатационной науке в прошлые годы, проблема анализа влияния неравномерности на работу железных дорог и поиска путей его снижения является актуальной и в настоящее время [2, 7, 8], в следствие коренного изменения принципов организации экономики стран постсоветского пространства, что привело к существенному изменению условий функционирования железнодорожного транспорта.

В то же время, следует отметить, что основная часть выполненных научных работ по данной проблематике посвящена исследованию неравномерности функционирования, в первую очередь, магистральных железных дорог, а вопросы анализа неравномерности в работе железнодорожного транспорта необходимого пользования освещены недостаточно. Вместе с тем, в настоящее время в Украине более 90% всех грузовых операций при организации железнодорож-

ных перевозок выполняется именно на подъездных путях.

В этой связи была поставлена задача выполнить комплексный анализ влияния неравномерности на работу магистрального и промышленного железнодорожного транспорта Украины в современных эксплуатационных условиях. В данной статье приведены результаты первого этапа данного исследования, связанные с анализом внутригодовой и внутримесячной неравномерности. При этом особое внимание при выполнении этих исследований уделено анализу неравномерности вагонопотоков приватного парка, что в условиях проводимой в настоящее время реструктуризации инвентарного вагонного парка Укрзалізнички является весьма актуальной задачей.

2. Исследование внутригодовой неравномерности

Внутригодовая (сезонная) неравномерность объемов работы для подразделения железнодорожного транспорта по определенному показателю рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{нер}}^{\text{год}} = \frac{\bar{Q}_{\text{мес}}^{\text{max}}}{Q_{\text{год}}} \cdot 12, \quad (1)$$

где $\bar{Q}_{\text{мес}}^{\text{max}}$ – максимальные среднемесячные объемы работы подразделения по данному показателю;

$Q_{\text{год}}$ – годовые объемы работы подразделения по данному показателю.

Для исследования внутригодовой неравномерности в работе магистрального железнодорожного транспорта на основе данных АСКВП УЗ сотрудниками Горноиспытательной лаборатории ДНУЖТ был выполнен анализ объемных показателей работы 15 основных сортировочных станций Украины за 2011 год. При этом по каждой станции фиксировались следующие среднесуточные объемы: общее прибытие вагонов, прибытие груженых и порожних вагонов, прибытие вагонов инвентарного и приватного парка, прибытие вагонов парка Укрзалізнички и парка СНГ. На основе этих данных по формуле (1) определены коэффициенты внутригодовой неравномерности по указанным показателям для каждой из рассматриваемых станций (см. рис. 1).

Коэффициент внутригодовой неравномерности по прибытию составляет в среднем 1,15: минимум – 1,04 по станции Дебальцево, максимум – 1,57 по станции Жмеринка. Для примера, на рис. 2, для этих станций приведены графики среднемесячных отклонений объемов общего прибытия от среднегодовых.

Станция	Коэффициент внутригодовой неравномерности						
	Общее прибытие вагонов	Прибытие вагонов УЗ	Прибытие вагонов СНГ	Прибытие вагонов инв. парка	Прибытие приватн. вагонов	Прибытие груженых вагонов	Прибытие порожних вагонов
Дарница	1,07	1,11	1,14	1,16	1,29	1,12	1,13
Жмеринка	1,57	1,76	1,26	1,70	2,10	1,50	1,67
Львов	1,08	1,11	1,11	1,14	1,45	1,21	1,08
Клепаров	1,08	1,12	1,12	1,13	1,33	1,08	1,24
Одесса-Заст I	1,20	1,27	1,35	1,24	1,38	1,16	1,28
Одесса-Сорт	1,09	1,07	1,38	1,14	1,20	1,17	1,07
Знаменка	1,09	1,07	1,37	1,13	1,18	1,11	1,16
Основа	1,21	1,05	1,49	1,11	1,36	1,20	1,26
Купянск-Сорт	1,12	1,17	1,21	1,28	1,26	1,16	1,17
НДУ	1,13	1,08	1,28	1,10	1,21	1,16	1,10
Запорожье-Лев	1,09	1,10	1,28	1,10	1,19	1,14	1,26
Джанкой	1,20	1,12	1,51	1,19	1,18	1,19	1,22
Ясиноватая	1,09	1,04	1,32	1,09	1,15	1,08	1,12
Красный Лиман	1,15	1,10	1,28	1,10	1,17	1,21	1,12
Дебальцево-Сорт	1,04	1,04	1,40	1,11	1,17	1,04	1,12
Максимум	1,57	1,76	1,51	1,70	2,10	1,50	1,67
<i>Минимум</i>	<i>1,04</i>	<i>1,04</i>	<i>1,11</i>	<i>1,09</i>	<i>1,15</i>	<i>1,04</i>	<i>1,07</i>
Среднее	1,15	1,15	1,30	1,18	1,31	1,17	1,20

Рис. 1. Коэффициенты внутригодовой неравномерности по сортировочным станциям

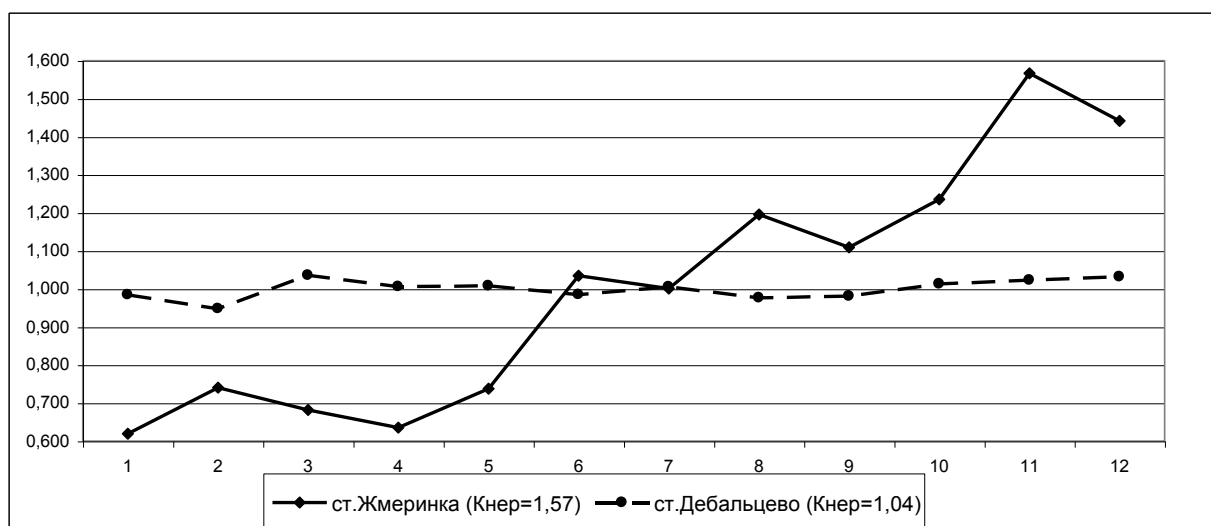


Рис. 2. Среднемесячные колебания объемов общего прибытия вагонов по станциям Жмеринка и Дебальцево

Вместе с тем, по структуре вагонопотока имеются некоторые отличия. Так, коэффициент неравномерности поступления вагонов собственности железнодорожных администраций СНГ в среднем составляет 1,30 (минимум – 1,11 по станции Львов, максимум – 1,60 по станции Джанкой), что на 15% больше среднего коэффициента внутригодовой неравномерности для вагонопотока

парка Укрзалізничці. Причём доля инованов в общем вагонопотоке составляет в среднем 32% (минимум – 11,4% для станции Запорожье-Левое, максимум – 69,3% – для станции Купянск). Следует отметить, что в 2011 году наблюдалось постепенное снижение доли инованов в общей структуре вагонопотока примерно на 5%. Для примера, на рис. 3, приведены графики среднемесячных колебаний объёмов прибытия инованов и ваганов парка УЗ по станции Основа.

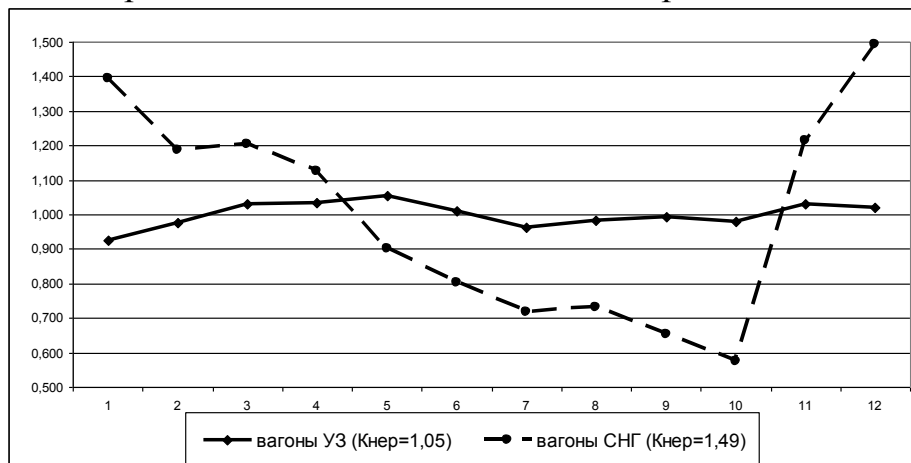


Рис. 3. Среднемесячные колебания прибытия ваганов парка УЗ и СНГ по станции Основа

Как уже отмечалось, наличие частных ваганов существенно влияет на неравномерность вагонопотоков. С учетом проводимой в Украине реструктуризации вагонного парка эта проблема становится более актуальной. Доля частных ваганов Укрзалізничці в общей структуре прибывающего вагонопотока в 2011 году в среднем составила 30,7% (минимум – 13,6% по станции Клепаров, максимум – 54,6% по станции Купянск). Коэффициент неравномерности поступления частных ваганов по сортировочным станциям в среднем составил 1,32 (минимум – 1,15 по станции Ясиноватая, максимум – 2,10 по станции Жмеринка), что на 17% больше в сравнении с общим вагонопотоком. Для примера, на рис. 4, представлены графики среднемесячных колебаний объёмов прибытия частных и инвентарных ваганов по станции Львов.

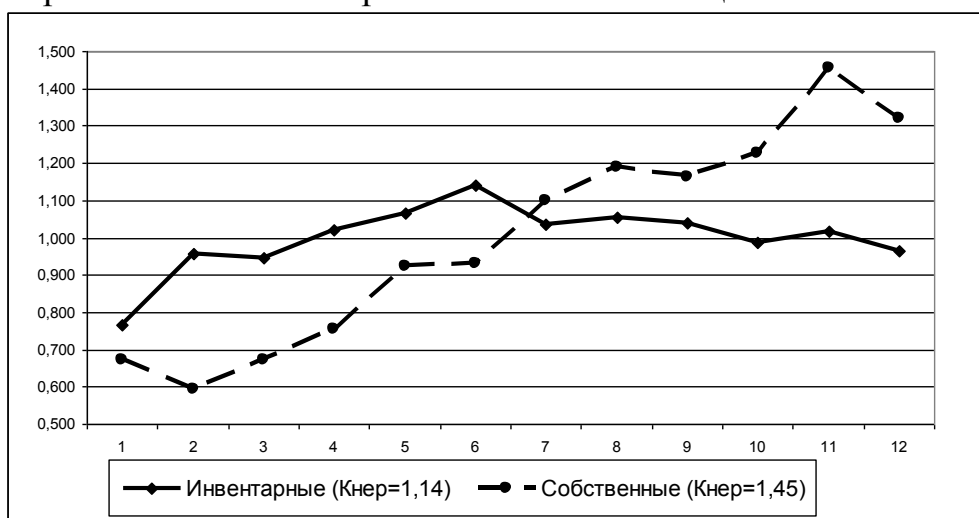


Рис. 4. Среднемесячные колебания объёмов прибытия ваганов разной формы собственности по станции Львов

В ходе целого ряда научно-исследовательских работ сотрудниками Горноиспытательной лаборатории ДНУЖТ был выполнен анализ внутригодовой и суточной неравномерности работы железнодорожного транспорта нескольких подъездных путей крупных предприятий и портов Украины. При этом одним из основных отличий от магистрального транспорта является необходимость учета неравномерности поступления не только для общего вагонопотока, поступающего на подъездной путь, но и отдельно по различным видам груза, поступающим на разные грузовые фронты.

Исследования показали, что для подъездных путей коэффициент внутригодовой неравномерности по прибытию в зависимости от вида груза может колебаться в достаточно широких пределах: например, для ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» коэффициент внутригодовой неравномерности по прибытию для общего вагонопотока составляет 1,29; в тоже время по отдельным грузам находится в пределах 1,15...3,1. Аналогичные данные получены по подъездному пути порта ООО с ИИ «Трансинвестсервис», где неравномерность общего вагонопотока составляет 1,32, а для отдельных грузов – 1,50... 3,66 (рис. 5).

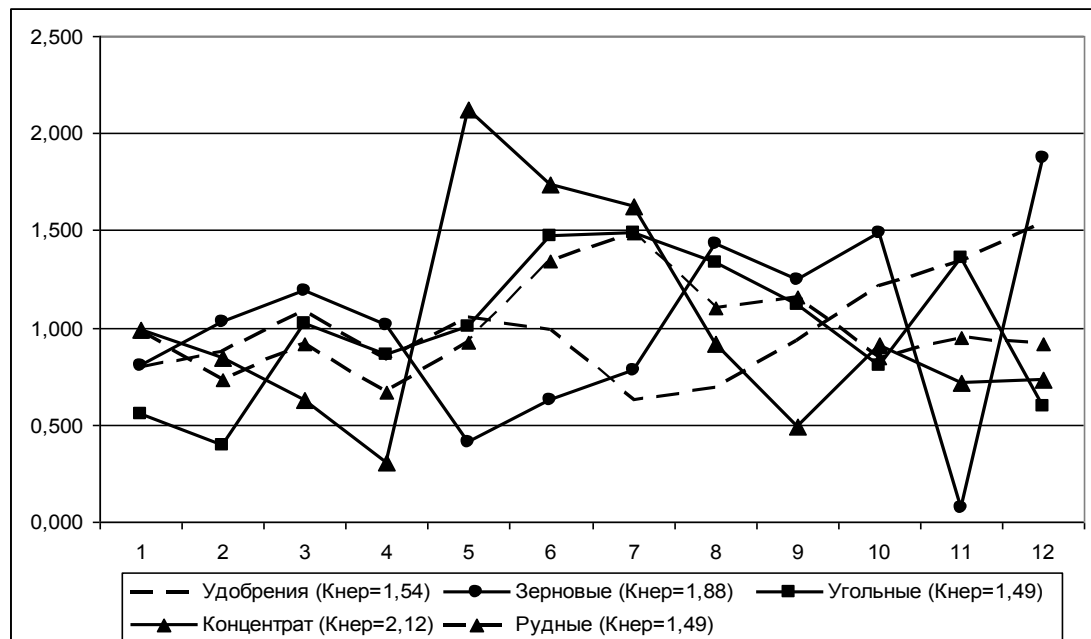


Рис. 5. Среднемесячные колебания объемов выгрузки по ООО с ИИ «Трансинвестсервис» (по видам грузов)

В то же время, объемы внутризаводских и специальных перевозок на подъездных путях характеризуются большей стабильностью по сравнению с внешними перевозками. Так, для ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» коэффициент неравномерности внутризаводских перевозок составил 1,09...2,43, а специальных – 1,19...1,38. Аналогичные значения получены и для других подъездных путей.

Что касается влияния доли наличия частных вагонов, то для разных подъездных путей это влияние различно. Так, для ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» неравномерность поступления частных вагонов практически такая же, как и вагонов инвентарного парка, для ОАО «ИНТЕРПАЙП-НТЗ» – не-

номерность поступления частных вагонов меньше на 7%, для ООО «НИКО-ТБЮБ», наоборот, больше на 43%, чем неравномерность поступления вагонов инвентарного парка.

3. Исследования суточной неравномерности

В числе основных причин, вызывающих суточную (внутримесячную) неравномерность, неритмичная работа предприятий, увеличение выпуска продукции к концу месяца или декады, недостатки в планировании производства, снабжении материалами и сбыте продукции, уменьшение погрузки в выходные дни, неравномерность в снабжении порожняком, перерывы в движении для ремонтных работ. Коэффициент внутримесячной неравномерности работы по определенному показателю рассчитывается по формуле:

$$K_{нер} = \frac{Q_{сут}^{сред}}{Q_{сут}^{max}},$$

где $Q_{сут}^{сред}$, $Q_{сут}^{max}$ – соответственно, среднесуточные и максимальные суточные объемы работы подразделения в данном месяце.

Исследования показали, что внутримесячная неравномерность для сортировочных станций магистрального транспорта находится в пределах 10%...20%. Так, на рис. 6, приведены графики изменения коэффициентов суточной неравномерности по месяцам 2011 года для станции Нижнеднепровск-Узел.

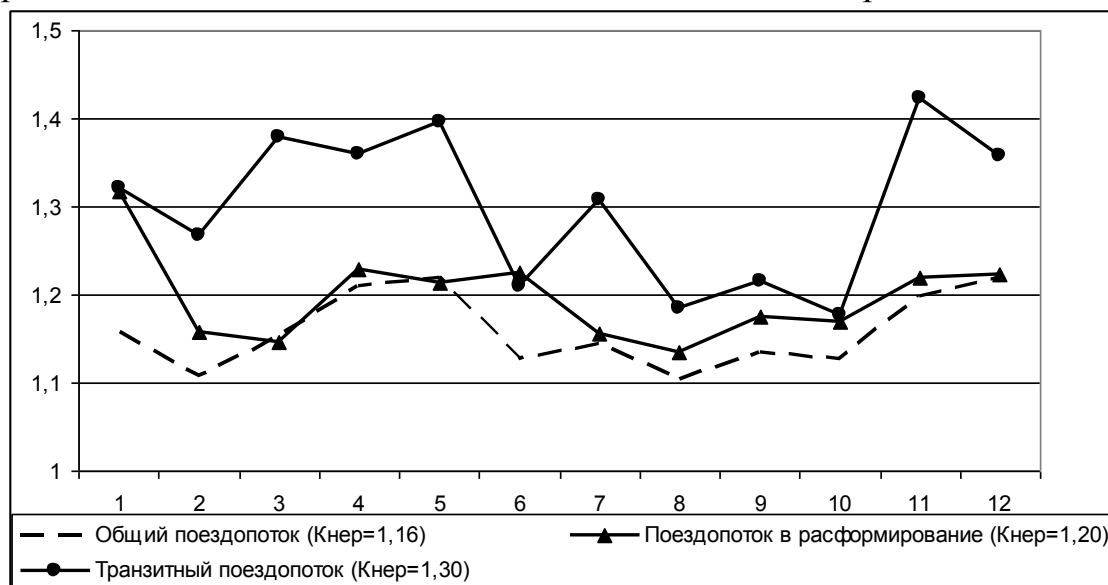


Рис. 6. Динамика изменения коэффициентов суточной неравномерности поездопотоков по месяцам 2011 года для станции Нижнеднепровск-Узел

На рис. 7 приведен график суточных колебаний объемов поступления вагонов на станцию Нижнеднепровск-Узел относительно среднесуточного значения, определенного в целом для 2011 года ($N_{сред}=6419$ вагонов/сутки). При этом на данном графике приведено значение расчетного коэффициента неравномерности (1,18), превышение которого по отдельным суткам года составляет не более 5%. Указанное значение определено с использованием нормированной функции Лапласа для 95% уровня надежности.

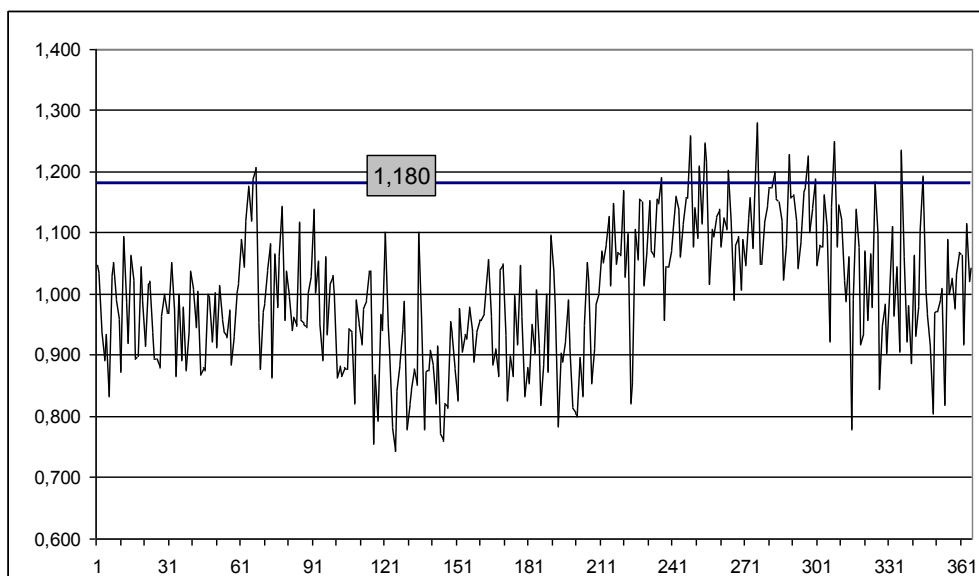


Рис. 7. Суточные колебания объемов поступления вагонов на станцию Нижнеднепровск-Узел относительно среднегодового значения.

Для сравнения, на рис. 8 приведен график изменения суточных колебаний поступления вагонов на подъездной путь морского порта ООО с ИИ «Трансинвестсервис» относительно среднегодового значения в 2011 году. Расчетный коэффициент суточной неравномерности (1,395) также определен из условия обеспечения 95% уровня надежности с использованием нормированной функции Лапласа.

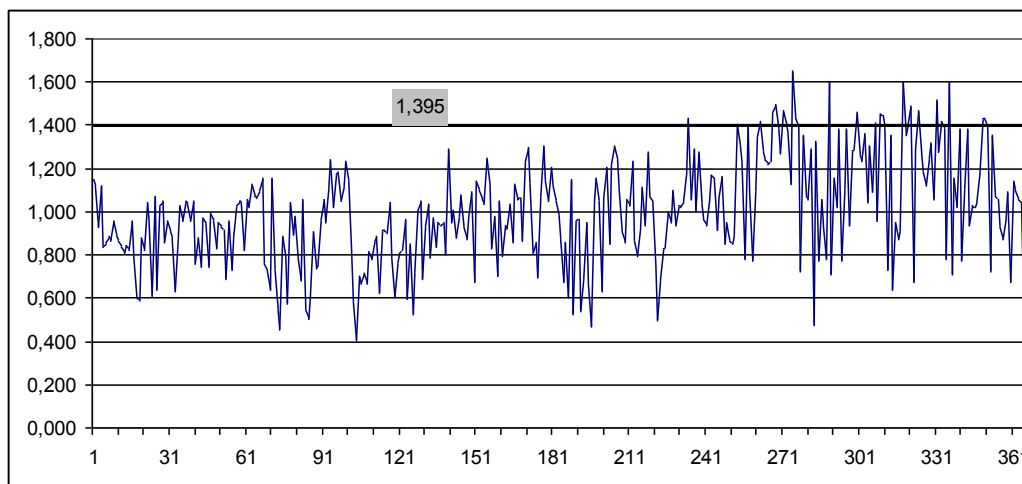


Рис. 8. Суточные колебания объемов поступления вагонов на подъездной путь порта «Трансинвестсервис» относительно среднегодового значения

Вместе с тем, как показал анализ, по отдельным грузам на подъездных путях отклонение максимальных объемов прибытия от среднесуточных значений может достигать 400...500% и более.

4. Выводы

Приведенные результаты исследований показывают, что неравномерность в эксплуатационной работе магистрального и промышленного железно-

дорожного транспорта имеет существенные различия. При этом объемы работы предприятий магистральных железных дорог характеризуются гораздо большей стабильностью, по сравнению с работой подъездных путей, где максимальные объемы поступления вагонов по отдельным грузам могут в несколько раз превышать средние размеры. Влияние неравномерности объемов работы необходимо учитывать при определении требуемого уровня технического оснащения станций, железнодорожных линий, подъездных путей, грузовых фронтов. При этом определение расчетного коэффициента неравномерности и расчетных объемов работы представляет собой весьма сложную задачу, которая должна решаться с использованием современных математических методов теории вероятностей, теории надежности, теории массового обслуживания и математической статистики.

Литература

1. Угрюмов, А.И. Неравномерность движения поездов / А.И. Угрюмов. – М.: Транспорт, 1968. – 112 с.
2. Сотников, Е.А. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на требуемую пропускную способность участков / Е.А. Сотников, К.П. Шенфельд // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – №5. – С. 3-9.
3. Земблинов, М.В. Сезонные колебания перевозок грузов на железных дорогах / М.В. Земблинов. – М.: Транспечать НКПС, 1928. – 91 с.
4. Барков, Н.Н. Сезонная и внутринедельная неравномерность грузовых перевозок на железных дорогах / Н.Н. Барков // Труды ВНИИЖТ. Вып. 249. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 95 с.
5. Грунтов, П.С. Исследование влияния неравномерности движения по технологии сортировочных станций: автореф. дис. канд. техн. наук. / П.С. Грунтов. [БелИИЖТ] – Гомель, 1965, – 24 с.
6. Левин, Д.Ю. Оптимизация потока поездов. / Д.Ю. Левин. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
7. Баранчеев, М.О. Влияние сезонной неравномерности грузовых перевозок на текущие затраты железных дорог: автореф. дис. канд. экон. наук. / М.О. Баранчеев – Новосибирск, 2005, – 24 с.
8. Бодюл, В.И. Повышение ритмичности и эффективности транспортного производства на основе снижения внутрисуточной неравномерности грузовых перевозок на железных дорогах: дисс... докт. техн. наук. / В.И. Бодюл – М.: 2006. – 318 с.

Вернигора Роман Витальевич

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра «Станции и узлы»

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

ул. В. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, Украина, 49010

Контактный тел.: (056) 371-51-03, 068-409-62-14

Березовый Николай Иванович
Кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией
Кафедра «Станции и узлы», Горочноиспытательная лаборатория
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна
ул. В. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, Украина, 49010
Контактный тел.: (056) 371-51-03, 097-279-09-69

Vernigora Roman V.
Ph.D., docent
Department "Stations and junctions"
Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician
V. Lazarian
street V Lazarian, 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010
Contact tel.: (056) 371-51-03, 068-409-62-14

Berezovy Nikolay I.
Ph.D., docent, head of laboratory
Department "Stations and junctions", Laboratory of sorting humps
Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician
V. Lazarian
street V. Lazarian, 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010
Contact tel.: (056) 371-51-03, 097-279-09-69

Вернигора Роман Віталійович
Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра «Станції та вузли»
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна
вул. В. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010
Контактний тел.: (056) 371-51-03, 068-409-62-14

Березовий Микола Іванович
Кандидат технічних наук, доцент, завідувач лабораторією
Кафедра «Станції та вузли», Гіркововипробувальна лабораторія
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна
вул. В. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010
Контактний тел.: (056) 371-51-03, 097-279-09-69