

УДК 656.212.5

# АНАЛИЗ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА МАГИСТРАЛЬНОМ И ПРОМЫШЛЕННОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Р. В. Вернигора**

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра «Станции и узлы»\*

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

**Н. И. Березовый**

Кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией

Кафедра «Станции и узлы», Горочноиспытательная лаборатория\*

Контактный тел.: (056) 371-51-03, 097-279-09-69

\*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

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

*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*

*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*

*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*

*Keywords: 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 сезонностью производства и потреблением 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 по-

ставку 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 (сменная, 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 вагонопо-

тока. 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 возникает 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:

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

где  $K_{\text{нер}}$  – расчетный коэффициент неравномерности;  $Q_{\text{сред}}^{\text{сут}}$  – 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-эксплу-

атационников 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 необщего пользования освещены недостаточно. Вместе с тем, в настоящее время в Украине более 90% всех грузовых операций при организации железнодорожных 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 Украиной 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 Горочноиспытательной 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 приват-

ного парка, прибытие вагонов парка Укрзалізниця 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).

(минимум – 1,11 по станции Львов, максимум – 1,60 по станции Джанкой), что на 15% больше среднего коэффициента внутригодовой неравномерности для вагонопотока парка Укрзалізниця. Причем доля иновагонов в общем вагонопотоке составляет в среднем

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	<b>1,57</b>	<b>1,76</b>	1,26	<b>1,70</b>	<b>2,10</b>	<b>1,50</b>	<b>1,67</b>
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	<b>1,51</b>	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
<b>Максимум</b>	<b>1,57</b>	<b>1,76</b>	<b>1,51</b>	<b>1,70</b>	<b>2,10</b>	<b>1,50</b>	<b>1,67</b>
<i>Минимум</i>	1,04	1,04	1,11	1,09	1,15	1,04	1,07
Среднее	1,15	1,15	1,30	1,18	1,31	1,17	1,20

Рис. 1. Коэффициенты внутригодовой неравномерности по сортировочным станциям

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 средних годовых.

Вместе с тем, по структуре вагонопотока имеются некоторые отличия. Так, коэффициент неравномерности поступления вагонов собственности железнодорожных администраций СНГ в среднем составляет 1,30

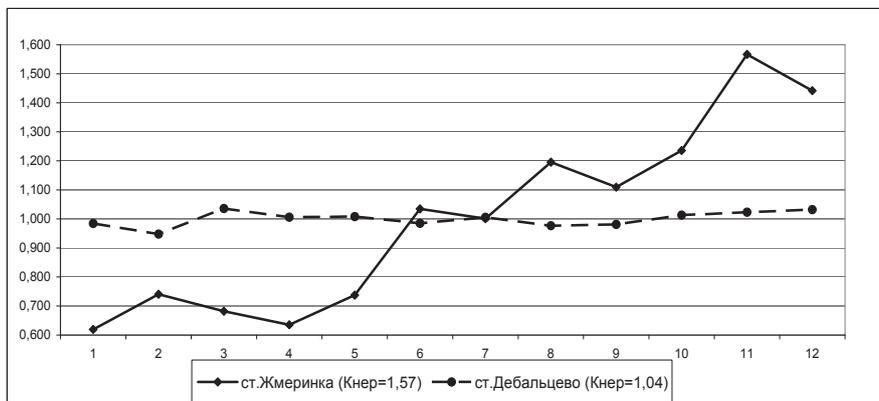


Рис. 2. Среднемесячные колебания объемов общего прибытия вагонов по станциям Жмеринка и Дебальцево

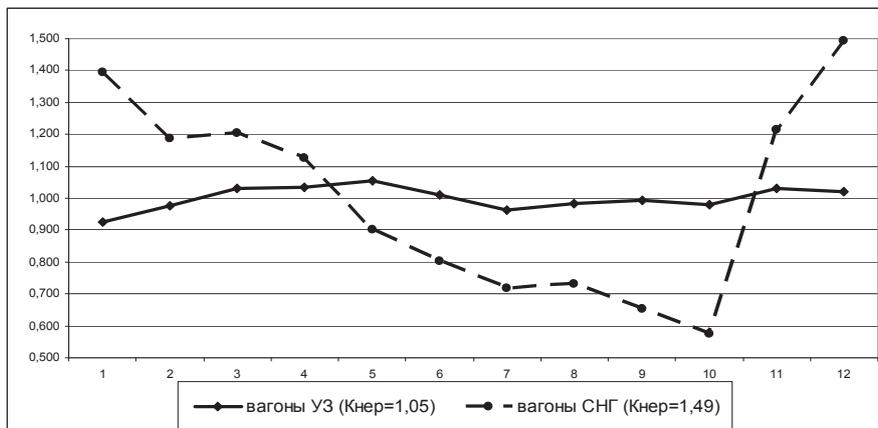


Рис. 3. Среднемесячные колебания прибытия вагонов парка УЗ и СНГ по станции Основа

парка эта проблема становится более актуальной. Доля частных вагонов Укрзалізниця 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 вагонов 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

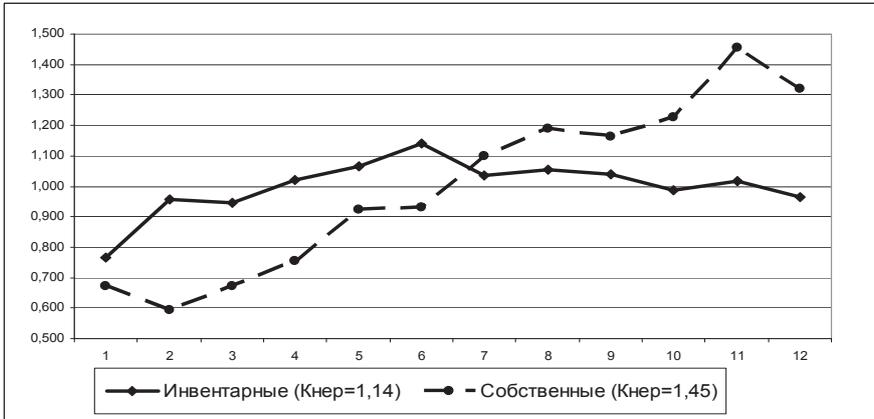


Рис. 4. Среднемесячные колебания объемов прибытия вагонов разной формы собственности по станции Львов

примера, на рис. 4, представлены графики среднемесячных колебаний объемов прибытия частных и инвентарных вагонов по станции Львов.

В ходе целого ряда научно-исследовательских ра-

ботильностью 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. Ана-

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

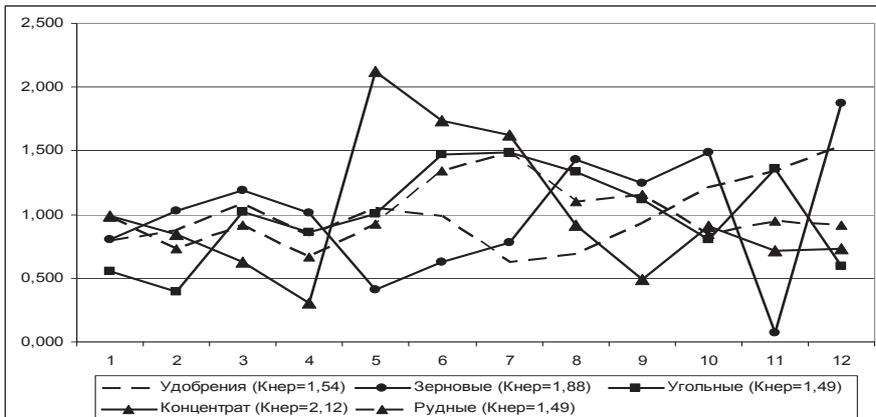


Рис. 5. Среднемесячные колебания объемов выгрузки по ООО с ИИ «Трансинвестсервис» (по видам грузов)

бот сотрудниками Горочноиспытательной 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

### 3. Исследования суточной неравномерности

В числе основных причин, вызывающих суточную (внутримесячную) неравномерность, неритмичная

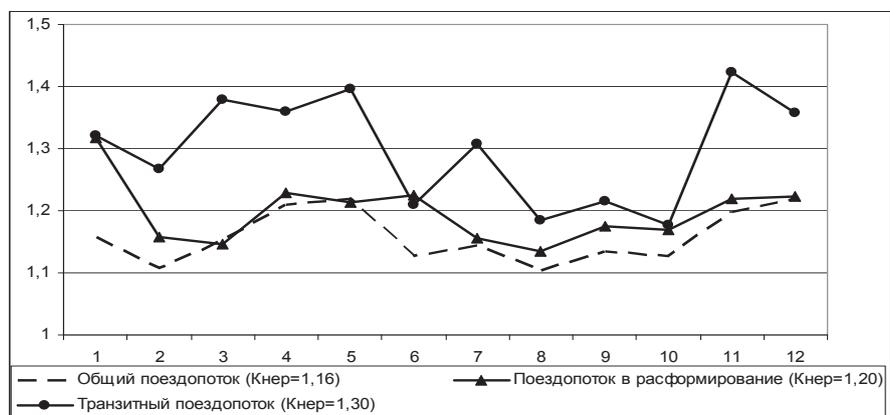


Рис. 6. Динамика изменения коэффициентов суточной неравномерности поездопотоков по месяцам 2011 года для станции Нижнеднепровск-Узел

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:

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

где  $Q_{\text{сут}}^{\text{сред}}$ ,  $Q_{\text{сут}}^{\text{max}}$  – 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.

На рис. 7 приведен график суточных колебаний объемов поступления вагонов на станцию Нижнеднепровск-Узел относительно среднесуточного значения, определенного в целом для 2011 года ( $N_{\text{сред}}=6419$  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.

Для сравнения, на рис. 8 приведен график изменения суточных колебаний поступления вагонов на

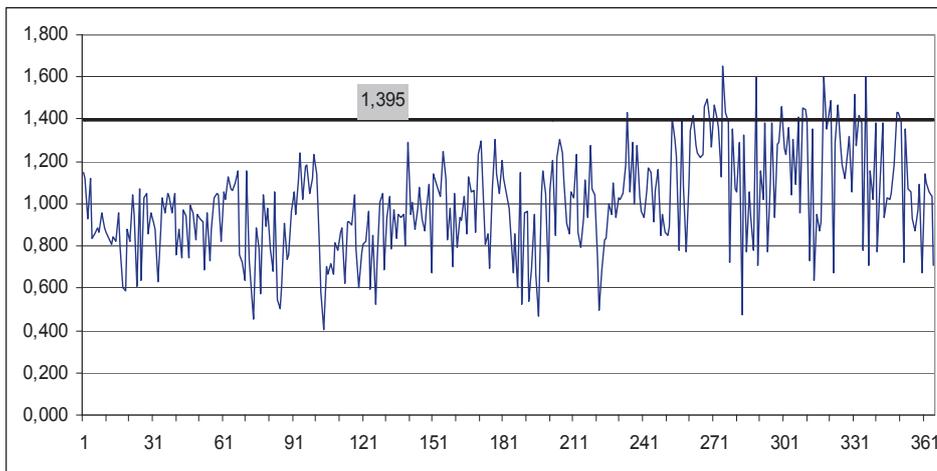


Рис. 8. Суточные колебания объемов поступления вагонов на подъездной путь порта «Трансинвестсервис» относительно среднегодового значения

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.

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 железнодорожного 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

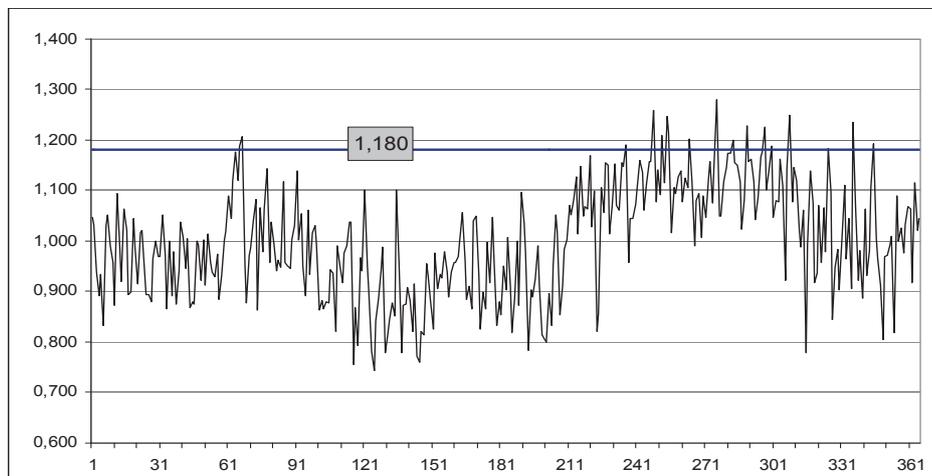


Рис. 7. Суточные колебания объемов поступления вагонов на станцию Нижнеднепровск-Узел относительно среднегодового значения

потребного 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. Баранчев, М.О. Влияние сезонной неравномерности грузовых перевозок на текущие затраты железных дорог: автореф. дис. канд. экон. наук. / М.О. Баранчев – 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.

*В статті розроблена імітаційна модель планування проекту виготовлення дейдвудної труби за допомогою методу аналізу варіантів проекту з оцінкою тривалості робіт на основі прийнятого рівня ризику. Наведено приклад реалізації метода для оцінки тривалості процесу*

*Ключові слова: управління проектом, ризик, імітаційне моделювання, дейдвудна труба*

*В статье разработана имитационная модель планирования проекта изготовления дейдвудной трубы с помощью метода анализа вариантов проекта с оценкой продолжительности работ на основе принятого уровня риска. Приведен пример реализации метода для оценки длительности процесса*

*Ключевые слова: управление проектом, риск, имитационное моделирование, дейдвудная труба*

*The simulation model of the project planning of screw shaft pipe manufacturing developed by the method of options analysis for the project with an estimate of work duration based on the accepted level of risk is developed in the article. The example of method realization is resulted for the estimation of process duration*

*Keywords: project management, risk, simulation modeling, screw shaft pipe*

УДК 629/5

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕЙДВУДНОЙ ТРУБЫ

Л. И. Нефедов

Доктор технических наук, профессор\*

И. Г. Ильге

Кандидат технических наук, доцент\*

Д. А. Калмыков\*

\*Кафедра автоматизированных и компьютерно-интегрированных технологий

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ул. Тимуровцев, 3, г. Харьков, Украина, 61000

Контактный тел.: (057) 738-77-92, 050-401-91-69

E-mail: i\_uch\_g@yahoo.com

## 1. Введение

Изготовление кораблей в сжатые сроки является одним из наиболее важных факторов получения конкурентного преимущества.

А производство важных узлов судна оказывает наибольшее влияние на общую длительность всего процесса.

Дейдвудная труба является важнейшим элементом мощных силовых установок судов. Технологический