

Г.М.Нуржанова¹, Д.Б.Алибиев², А.Ш.Кажикенова²

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций, Алматы;

²Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова
(E-mail: naimana@mail.ru)

Расчет технико-экономической эффективности в сфере перевозок нефтяных грузов

В статье рассмотрены вопросы транспортировки нефтепродуктов по железной дороге с использованием специальных цистерн. Представлены технико-экономические обоснования потери нефти и нефтепродуктов при транспортировке. Проанализированы различные методы очистки участков дорог по ликвидации загрязнений от проливов нефти и нефтепродуктов и определены оптимальные затраты по очистке дорог.

Ключевые слова: нефтепродукт, коэффициент объемного расширения β , нейтрализация проливов бензина, нейтрализация проливов нефтепродуктов.

Большинство научных разработок, представленных в данной статье, являются основой для введения в действия мероприятий, направленных на обеспечение безопасной, бесперебойной и устойчивой работы как магистрального, так и промышленного транспорта. Данная статья посвящена решению задач, соответствующих приоритетным направлениям государственной транспортной политики Казахстана, а именно повышению качества транспортных услуг и снижению отрицательного воздействия транспорта на окружающую среду в сфере перевозок нефтяных грузов.

Качественные показатели работы транспорта наиболее полно отражают экономическую эффективность его работы. Важнейшими факторами, определяющими качество грузовых перевозок на железных дорогах Казахстана, наряду с регулярностью перевозок и сроками доставки грузов, являются безопасность движения, а также сохранность, то есть снижение потерь и порчи грузов. В этой связи важное значение приобретают исследования по разработке и внедрению дифференцированных норм налива нефти и нефтепродуктов при их отгрузке в регионы РК. Анализ результатов приведенных выше расчетов, подтверждаемый экспериментальной проверкой, позволяет сделать вывод, что недоллив, имеющий место при заполнении цистерн по указанным нормам, не оказывает негативного влияния на их динамическую устойчивость.

Для анализа были собраны статистические данные по температурам нефтегрузов при наливе и сливе в пунктах погрузки и выгрузки. Анализ данных показал, что они подчиняются закону нормального распределения [1], в соответствии с которыми с вероятностью $P = 0,99$ были определены минимально возможные температуры груза в пунктах налива и максимально возможные — в пунктах слива по месяцам года. Итоговые результаты представлены на рисунках 1, 2.

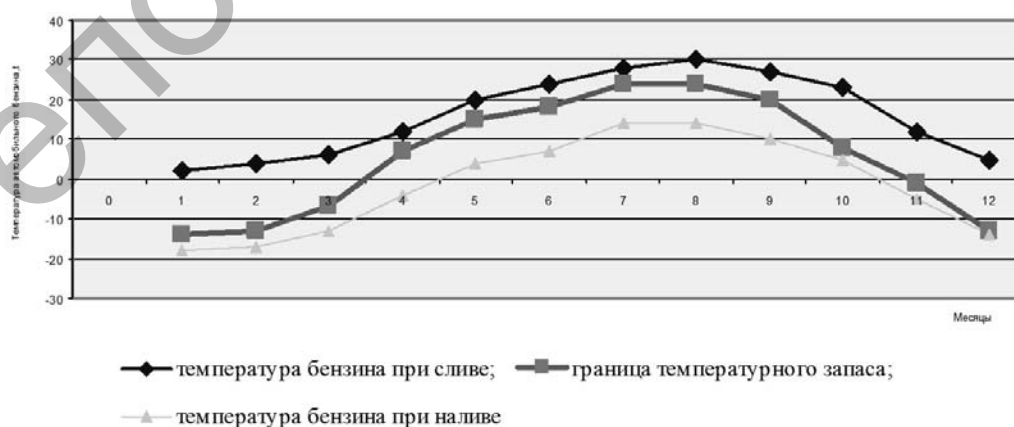


Рисунок 1. Минимальные температуры бензина при наливе и сливе по месяцам года

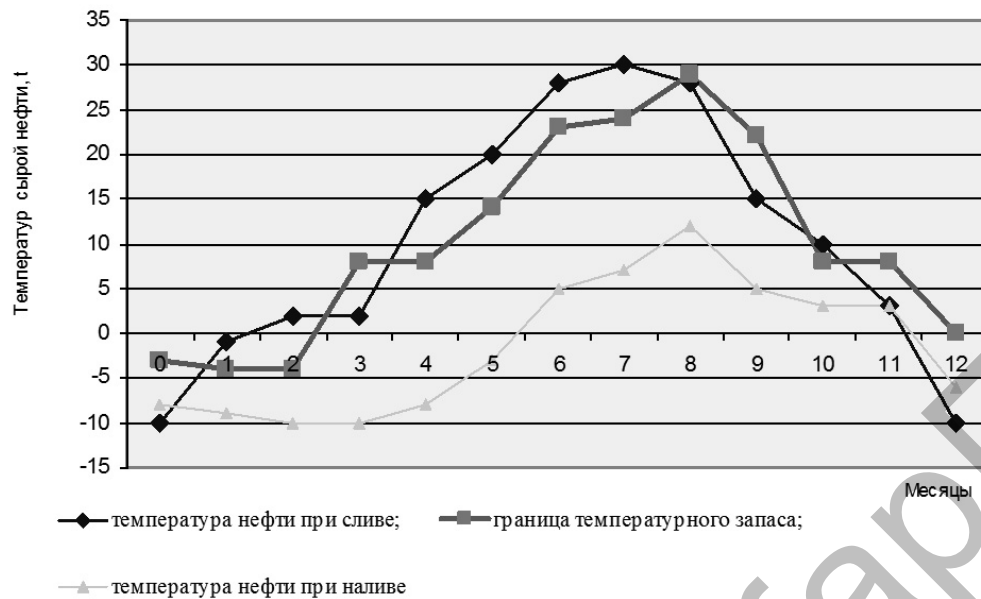


Рисунок 2. Минимальные температуры сырой нефти при наливе и сливе по месяцам года

Как видно из представленных графиков, разность температур при наливе и сливе нефтепродуктов значительно выше температурного запаса на их тепловое расширение [2]. В результате имеют место путевые потери грузов, значительно превышающие нормы естественной убыли нефтепродуктов [3]. Данные по потерям автомобильного бензина при перевозках из северных регионов в южные регионы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Среднегодовые данные по несохраненным перевозкам автомобильного бензина со станции А до станции Б

Наименование показателя	Бензин А-76	Бензин АИ-93	Средневзвешенное значение
Количество использованных цистерн, N	2240	450	2690
Масса перевезенного груза, т	115920,5	24980,4	140900,9
Недостача по нормам, кг	34473	7331	41804
Недостача фактическая, кг	526066	195666	721732
Средняя загрузка цистерны $P_{ст}$, т	51,7	55,5	52,4
Недостача по нормам i_2 , кг/т		0,3	
Недостача фактическая i_1 , кг/т	4,5	7,8	5,1

Анализ условий перевозок бензина со станции А до станции Б за тот же период показывает, что разница между конечной и начальной температурами нефтепродукта при транспортировании оказывает существенное влияние на сохранность груза (рис. 3).

Собранные и обработанные данные были подтверждены результатами опытных перевозок. Опытной перевозке подвергались 67 четырехосных вагонов-цистерн, загруженных сырой нефтью, и 21 четырехосный вагон-цистерна, загруженный светлыми нефтепродуктами, все вагоны грузоподъемностью 50–68 т.

Испытания проводились в два этапа: в пунктах погрузки и в пунктах выгрузки под руководством межведомственной комиссии в составе представителей железной дороги, грузоотправителя (грузополучателя). В пунктах налива комиссионно проверялась исправность вагонов-цистерн в техническом и коммерческом отношении с заполнением актов. Подготовка цистерн под налив проводилась по технологии, принятой на станции налива. Налив осуществлялся в соответствии с действующими Правилами перевозок грузов.

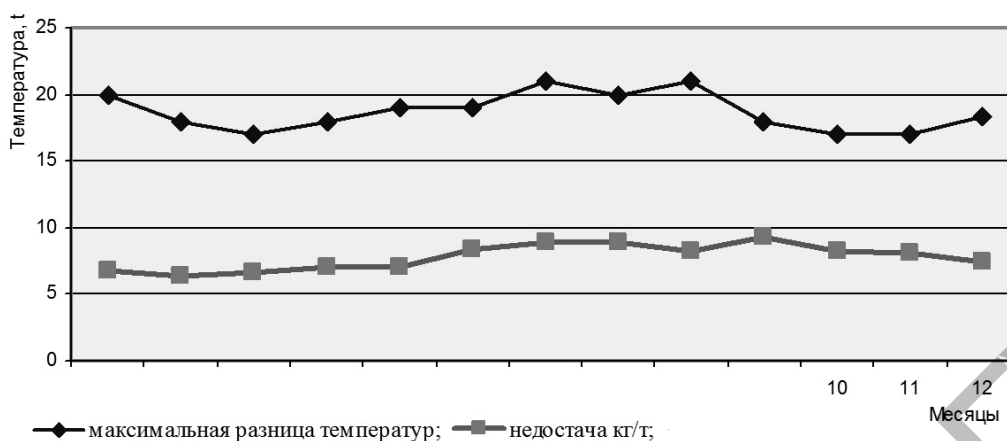


Рисунок 3. Влияние разницы конечной и начальной температур бензина на потери, приходящиеся в среднем на одну отгружаемую тонну

Замеры высоты налива, температуры, плотности груза проводились в соответствии с ГОСТом 2517-85, ГОСТом 3900-85, таблицами калибровки железнодорожных цистерн.

После окончания налива на нефтяных пунктах производилась проверка качества герметизации сливо-наливного оборудования вагонов-цистерн. Вагоны, загруженные светлыми нефтепродуктами, пломбировались свинцовыми пломбами.

Результаты определения массы груза объемно-массовым статическим методом по ГОСТу 26976-86 были оформлены актами.

В пунктах выгрузки комиссионно проверялась исправность поступивших вагонов-цистерн в коммерческом и техническом отношении с заполнением актов, масса груза определялась объемно-массовым статическим методом. В результате опытных перевозок было установлено следующее. Наполнение цистерн производилось в соответствии с действующими нормами налива нефтепродуктов. Вследствие превышения на 17 °С конечной температуры груза при перевозке над начальной в пунктах выгрузки наблюдалось повышение уровня груза на 3–8 см. В тех вагонах, где износ уплотнительных прокладок не превышал 25 % и на крышке люка-лаза было закрыто не менее 6 болтов из 8, размеры потерь груза колебались в пределах от 28 до 1611 кг. Средняя величина недостачи в вагоне составила 542 кг.

В то же время у цистерн, имеющих неполный комплект закрытых откидных болтов люка-лаза (колпака), либо неисправную уплотнительную прокладку люка-лаза (порезы, некачественный стык, износ), или ее полное, или частичное отсутствие, а также перекосы крышки люка-лаза, размеры недостачи составляли от 28 до 2092 кг, а на боковой поверхности котла имелись следы выплескивания перевозимого груза. Средняя величина недостачи в тех вагонах-цистернах, где герметизация не была обеспечена, составила 732 кг.

Как следовало ожидать, причиной потерь груза явилось превышение конечной температуры перевозки над начальной и, как следствие, расширение продукта, его утечка через крышку люка-лаза (колпака) и предохранительный клапан.

При нагревании нефтепродукта происходит увеличение его объема — тепловое расширение, которое необходимо учитывать при наливке вагонов-цистерн. Тепловое расширение характеризуется коэффициентом объемного расширения β , то есть тем добавочным объемом, на который происходит расширение нефтепродукта при нагревании на 1 °С. Объем нефтепродукта при нагревании равен

$$V_t = V_n(1 + \beta\Delta t), \tag{1}$$

где V_n — объем груза при наливке, м³; Δt — разность температур, °С.

Преобразуем формулу (1) для определения первоначального объема нефтепродукта:

$$V_n = \frac{V_t}{1 + \beta\Delta t} = \frac{0,995V_n}{1 + \beta\Delta t},$$

где V_n — полный объем котла вагона-цистерны, м³.

Коэффициент объемного расширения β , в соответствии с [4], определяется по формуле

$$\beta = \frac{\rho_{15} - \rho_{50}}{35\rho_{50}},$$

где ρ_{15} , ρ_{50} — плотность груза соответственно при 15 °С и 50 °С, т/м³.

Следует отметить, что чем меньшую плотность имеет нефтепродукт при 20 °С, тем большим коэффициентом объемного расширения он характеризуется. Наибольшие коэффициенты объемного расширения — у бензина и нефти, как у самых легких из нефтепродуктов.

В соответствии с приведенной методикой определяется степень наполнения цистерны в долях от полного объема котла [3].

Внедрение дифференцированных норм налива позволит существенно сократить путевые потери грузов и, кроме того, снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций с такими грузами в процессе перевозки.

Расчет ожидаемого экономического эффекта от сокращения расходов, связанных с возмещением недостач нефтепродуктов, применительно к годовому объему перевозок автомобильного бензина производим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{возм}} = (i_1 - i_2)NP_{\text{ст}}C_{\text{сп}},$$

где i_1 — доля потерь бензина в перевезенном объеме; i_2 — доля потерь бензина при перевозках с применением дифференцированных норм налива; N — средний годовой объем перевозок бензина, ваг.; $P_{\text{ст}}$ — средняя статическая нагрузка вагона-цистерны, т; $C_{\text{сп}}$ — средневзвешенная цена бензина, расчетных показателей/т.

Для определения параметров i_1 , N , $P_{\text{ст}}$ составим таблицу 2, пользуясь данными, представленными в таблице 1.

Т а б л и ц а 2

Расход некоторых материалов (реагентов), применяемых при обезвреживании проливов нефтепродуктов (в перерасчете на 1 т бензина)

Наименование материала	Количество, кг	Возможность регенерации
УДП	300–500	Есть
VaPEX	200–800	Нет
CaO/MgO	1000	Нет

Таким образом, в ценах на конец 1999 г. получим:

$$\mathcal{E}_{\text{возм}} = (0,0051 - 0,0003) \cdot 2690 \cdot 52,4 \cdot 7200 = 4871,4 \text{ тыс. расчетных показателей.}$$

Расчетный показатель (РП) — это коэффициент для исчисления платежей в соответствии с законодательством Республики Казахстан, устанавливаемый Законом РК «О бюджете» на соответствующий год. Любые деньги со временем обесцениваются. Если прописывать фиксированные суммы, выраженные в тенге, то через какое-то время в результате инфляции в эти суммы придется вносить изменения. Поэтому вместо указания конкретных сумм используется этот коэффициент. Размер РП рассчитывается при планировании бюджета, исходя из ожидаемого размера инфляции в будущем году.

При перевозке нефтепродуктов необходимо обеспечить предотвращение проливов, так как в результате проливов опасных грузов класса 3 поверхность территории может быть загрязнена различными нефтепродуктами: бензином, керосином, дизельным топливом, нефтью и др. Степень загрязненности зависит от количества пролитого груза, физико-химических свойств вещества, температуры окружающей среды и т.д. и обуславливает затраты на проведение нейтрализованных мероприятий [5].

При проведении мероприятий по базовой цепочке [1] операций величина затрат — Z будет складываться из стоимости работ по:

- изоляции проливов нефтепродуктов — Z_u ;
- обвалованию грунта — Z_o ;
- срезке загрязненного слоя грунта — Z_c ;
- сбору и вывозу снятого слоя грунта — Z_n ;

$$Z = Z_u + Z_o + Z_c + Z_n.$$

Стоимость операции определяется следующим образом:

$$Z_i = \delta_i M_i t_i,$$

где δ_i — удельная стоимость работ по одной операции, расчетных показателей/кг*ч; M_i — масса переработанного материала, кг; t_i — время, затраченное на переработку, ч.

Величина затрат на проведение нейтрализации может меняться при изменении базовой цепочки. Дополнительные операции могут заключаться в выжигании нефтепродуктов с поверхности почвы, химической нейтрализации, перепахивании почвы, ее рекультивации.

Небольшие проливы на ограниченной поверхности территории могут быть выжжены или засыпаны инертным материалом с последующим сбором и утилизацией; проливы, занимающие значительную площадь, с точки зрения экологической безопасности целесообразнее нейтрализовать химическим способом. В настоящее время существует ряд материалов различной химической природы, позволяющих обезвредить проливы опасных грузов: модифицированные ультрадисперсные порошки металлов (железа, алюминия), полимерный адсорбент VaPEX, кальциевая известь, препараты «Нутидойл», «Олеоворин» и т.д.

Нейтрализаторы равномерно распределяются по загрязненной поверхности в виде порошков, которые вступают с нефтепродуктом в химическую реакцию или адсорбируют его. Расход нейтрализатора (табл. 3) при обезвреживании территории зависит от его свойств и вида обрабатываемого нефтепродукта [5].

Т а б л и ц а 3

Результаты оценки затрат при проведении мероприятий по нейтрализации проливов нефтепродуктов в летнее время (в пересчете на 1 т бензина), тыс. РП

Наименование затрат	С использованием ручного труда	С применением реагентов (адсорбентов)	С использованием средств механизации
Изоляция проливов	15	15	25
Обвалование	30	30	45
Срезка грунта	60	-	60
Сбор и вывоз срезанного грунта	30	-	40
Засыпка свежим грунтом	40	-	60
Химическая нейтрализация проливов (реагенты, оборудование, средства индивидуальной защиты)	-	150	-
Всего	Вариант I 175	Вариант II 195	Вариант III 230

В этом случае затраты зависят от количества нейтрализующего вещества и его стоимости, которая может колебаться в пределах от 10 до 150 расчетных показателей за килограмм:

$$Z_{хим} = \delta_{хим} m,$$

где $\delta_{хим}$ — удельная стоимость работ, включающая стоимость нейтрализатора, расчетных показателей/кг; m — масса нейтрализатора, кг.

При технико-экономической и экологической оценке эффективности технологий с применением реагентов (адсорбентов) необходимо учитывать возможность их регенерации, которая существенно понижает стоимость обработки.

Базовый показатель стоимости проводимых работ устанавливается для ручного труда, однако все операции по нейтрализации могут осуществляться с применением различных машин и механизмов: бульдозеров, скреперов, автогрейдеров, пескоразбрасывателей, насосного оборудования.

Стоимость работ при использовании техники определяется по формуле

$$Z_{мех} = \sum_{i=1}^l \delta_i M_i t_i,$$

где δ_i — удельная стоимость работ на одной операции с применением техники, расчетных показателей/кг*ч; M_i — масса обработанного грунта, кг; t_i — время, затраченное на обработку, ч.

Удельная стоимость работ в этом случае зависит от ряда факторов: капитальные вложения K , нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений E , затраты на обслуживание технических средств $C_{техн.}$:

$$\delta_{\text{техн.}} = f(K, E, C_{\text{техн.}}).$$

Результаты оценки затрат при проведении нейтрализации груза, не обладающего высокой активностью, приведены в таблице 3. При этом не учитывались расходы на определение степени чистоты территории после обработки.

Корректный сравнительный расчет вариантов нейтрализации может быть проведен и на основе согласованных технологических карт работ в различных условиях при наличии стоимостных нормативов всех видов работ, услуг и материалов [6].

Величину ожидаемого экономического эффекта от предотвращения проливов применительно к годовому объему перевозок бензина определяем по данным таблиц 2 и 3:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = (P_{\text{ф}} - P_{\text{н}})\lambda Z_i, \quad (2)$$

где $P_{\text{ф}}$ — потери груза фактические, т; $P_{\text{н}}$ — потери груза в соответствии с нормами естественной убыли, т; λ — доля проливов нефтепродуктов в общем объеме потерь; Z_i — величина затрат на нейтрализацию проливов по соответствующему варианту расчетных показателей.

Пользуясь формулой (2), получаем:

– по варианту I:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}}^1 = (721,7 - 41,8) \cdot 0,8 \cdot 175000 = 95186,0 \text{ тыс. РП};$$

– по варианту II:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}}^2 = (721,7 - 41,8) \cdot 0,8 \cdot 195000 = 106064,4 \text{ тыс. РП};$$

– по варианту III:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}}^3 = (721,7 - 41,8) \cdot 0,8 \cdot 230000 = 125101,6 \text{ тыс. РП}.$$

Итоговая величина ожидаемого экономического эффекта от внедрения дифференцированных норм налива складывается из сокращения расходов, связанных с возмещением недостатков нефтепродуктов, и экономии средств, необходимых для нейтрализации проливов данных грузов:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{возм}} - \mathcal{E}_{\text{пр}}. \quad (3)$$

Пользуясь формулой (3) по каждому из вариантов проведения мероприятий по нейтрализации проливов, получим:

– при выполнении аварийных работ вручную:

$$\mathcal{E}^1 = 4871,4 + 95186,0 = 100057,4 \text{ тыс. РП};$$

– при проведении нейтрализации с применением химических соединений (реагентов и адсорбентов):

$$\mathcal{E}^2 = 4871,4 + 106064,4 = 110935,8 \text{ тыс. РП};$$

– при производстве работ с использованием средств механизации:

$$\mathcal{E}^3 = 4871,4 + 125101,6 = 129973,0 \text{ тыс. РП}.$$

Список литературы

- 1 Федотов Н.И., Быкадоров А.В. Применение теории вероятностей в транспортных расчетах. — Новосибирск: НИИЖТ, 1969. — 188 с.
- 2 Дифференцированные нормы налива светлых нефтепродуктов при отгрузке в районы Средней Азии и Южного Казахстана: Указание МПС № ЦМКУ 18/52 от 11.09.89; дополнения № ЦМКУ 18/12 от 27.06.91 и № ЦМКУ 12/47 от 10.03.92.
- 3 Христолюбов А.В., Макаров А.П., Черняков С.В. Совершенствование технологии перевозок наливных грузов, отгружаемых на Красноярской железной дороге // Совершенствование работы Красноярской железной дороги: Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Красноярской железной дороги. — Красноярск – Новосибирск, 1999. — С. 71–77.
- 4 Современные конструкции верхнего строения железнодорожного пути / Под ред. В.Г.Альбрехта и А.Ф.Золотарского. — М.: Транспорт, 1975. — 280 с.
- 5 Христолюбов А.В., Гурский Б.И., Черняков С.В. Разработка специальных условий перевозок легковоспламеняющихся жидкостей // Новые технологии на Восточно-Сибирской железной дороге. Сб. науч. трудов (СГУПС). — Новосибирск, 1999. — С. 152–158.
- 6 ГОСТ 8.207-76. ГСИ. «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения».

Г.М.Нуржанова, Д.Б.Әлібиев, А.Ш.Қажыкенова

Мұнай өнімдерін тасымалдаудың тиімді техника-экономикалық есептеулері

Мақалада арнайы цистерналармен теміржол арқылы мұнай өнімдерінің тасымалы қарастырылған. Тасымалдау кезінде өнімді жоғалтудың техника-экономикалық көрсеткіштері келтірілген. Жолдардағы төгілген өнімнен тазартудың бірнеше әдістерін жобалап, оларға кететін шығындар-көлемі анықталған.

G.M.Nurzhanova, D.B.Alibiyev, A.Sh.Kazhikenova

Calculation of technical and economic efficiency in petroleum transport cargo

In this work questions of transportation of oil products by rail with use of special tanks are considered. Feasibility studies on loss of oil and oil products are provided. For cleaning of sites of roads various methods of cleaning the road sections on the elimination of pollution from spills of oil and oil products are used and optimal costs for cleaning of roads are defined.

References

- 1 Fedotov N.I., Bykadorov A.V. *Probability theory application in transport calculations*, Novosibirsk: NIIJT, 1969, 188 p.
- 2 *The differentiated norms pour fill light oil products at shipment to regions of Central Asia and South Kazakhstan*: Designation MPS No. SMKU 18/52 ot 11.09.89; dopolneniya No. SMKU 18/12 ot 27.06.91 i No. SMKU 12/47 ot 10.03.92.
- 3 Khristolubov A.V., Makarov A.P., Chernyakov S.V. *Improvement of technology of transportations of the bulk freights shipped on the Krasnoyarsk railroad // Sovershenstvovanie raboty Krasnoyarskoi zheleznoi dorogi: Materialy nauka-prakt. konferentsii, posviashchenoi 100-letiu Krasnoyarskoi zheleznoi dorogi*. Krasnoyarsk – Novosibirsk, 1999, p. 71–77.
- 4 *Modern designs of the top structure of a track* / Ed. V.G. Al'brekht and A.F.Zolotarsk, Moscow: Transport, 1975, 280 p.
- 5 Xristolubov A.V., Gurskiy B.I., Chernyakov S.V. *Development of special conditions of transportations of flammable liquids // Novye tehnologii na Vostoshno-Sibirskoi zheleznoi doroge. Sb. naushnyh trudov (SGUPS)*, Novosibirsk, 1999, p. 152–158.
- 6 GOST 8.207-76. GSI. *Direct measurements with repeated supervision. Methods of processing of results of supervision. Basic provisions*.