

УДК 629:621.5

Снижение риска кристаллизации влаги в пневматических системах за счёт применения спиртовых установок

Л. Ф. Риполь-Сарагоси

(Ростовский государственный университет путей сообщения)

Рассмотрены вопросы исключения угроз перемерзания пневмоавтоматических узлов подвижного состава за счёт использования жидкостей с пониженной температурой замерзания. Проанализированы конструктивные решения. Предложены наиболее приемлемые решения для использования.

Ключевые слова: сжатый воздух, подвижной состав, спиртораспылитель.

Введение. В программном документе «Стратегия развития ОАО „РЖД“» на период до 2015 года эффективность и безопасность перевозочного процесса представлены как безусловный приоритет в развитии железнодорожной отрасли страны [1]. Реализация задачи повышения безопасности перевозок невозможна без надёжной работы пневматических систем подвижного состава. В практике эксплуатации подвижного состава возникают нарушения нормального режима работы, обусловленные наличием водяных паров в сжатом воздухе. Их конденсация вызывает интенсивное ржавление магистралей, арматуры и других узлов пневмоавтоматики, а в осенне-весенний период возникает угроза перемерзания магистралей и тормозных приборов, что реально угрожает безопасности движения, приводит к простоям поездов, материальным потерям.

Снижение риска кристаллизации влаги в пневматических системах за счёт применения спиртовых установок. Основные причины попадания влаги в тормозную магистраль и приборы, возникновения ледяных пробок и отказов в работе пневмооборудования — это высокая температура сжатого воздуха, превышающая температуру окружающей среды на выходе из последнего главного резервуара локомотива, и сконденсировавшаяся, но не осевшая в них влага. Из сказанного следует, что в пневмосистеме локомотивов нужно применять устройство, исключающее перемерзание узлов пневмоавтоматики. Для предотвращения замерзания влаги в воздушных магистралях локомотивов отечественного и зарубежного производства технологически возможно применение спиртоиспаряющих устройств, позволяющих значительно снизить температуру точки росы сжатого воздуха.

Используемые жидкости должны отвечать следующим требованиям:

- малая вязкость при отрицательных температурах;
- низкая температура замерзания;
- хорошая растворимость в воде.

Они также должны быть не агрессивны, не ядовиты, не дефицитны, относительно дешёвы и работоспособны в широком диапазоне концентраций. Этим требованиям (правда, не в полной мере) отвечают такие жидкости, как этиловый и метиловый спирты, этиленгликоль, глицерин.

Для более корректного выбора жидкости были проанализированы климатические условия, в которых эксплуатируются электропоезда. Обработка данных о климате Российской Федерации позволила разделить территории нашей страны, где имеются железные дороги с электрической тягой, на четыре климатические зоны по температурному признаку. Результаты обработки обобщены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что в наиболее холодной зоне продолжительность периода с температурами минус ниже 30 °С составляет менее 4 % от числа дней в году с отрицательными температурами. Поэтому физические свойства выбранных жидкостей следует рассматривать при темпера-

турах минус 30 °С. Кроме того, при низких температурах атмосферного воздуха в нём содержится очень мало водяных паров, и их конденсация в пневмомагистрали не представляет реальной опасности.

Таблица 1

Климатические зоны Российской Федерации

№ зоны	Температурная зона	Число дней в году с температурой t_b в интервале, °С									
		От 0 до -4,9	От -5 до -9,9	От -10 до -14,9	От -15 до -19,9	От -20 до -24,9	От -25 до -29,9	От -30 до -34,9	От -35 до -39,9	От -40 до -44,9	От -45 до -49,9
I	Сибирь	35,0	34,5	33,9	28,3	18,9	10,25	4,25	1,65	0,35	0,33
II	Северо-Восток Европейской части	51,3	35,7	23,0	12,8	5,57	1,3	0,3	0,03	—	—
III	Средняя полоса Европейской части	51,0	28,6	14,65	6,3	1,8	0,36	0,01	—	—	—
IV	Юго-Запад Европейской части	47,5	20,4	6,52	1,48	0,21	0,02	—	—	—	—

На рис. 1 приведены зависимости температуры замерзания водяных растворов некоторых жидкостей от их концентрации [2]. При температурах от минус 30 °С до 0 °С рабочий диапазон концентраций глицерина лежит в узких пределах, соответствующих 55—75 %. Для остальных концентраций замерзание глицерина происходит при более высоких температурах. Кроме того, эта жидкость при температурах в диапазоне 0 °С — минус 30 °С имеет высокую вязкость, в $6,5 \cdot 10^3$ — $5,0 \cdot 10^5$ раз превышающую вязкость этилового спирта. В силу этого глицерин не может быть рекомендован для введения в сжатый воздух.

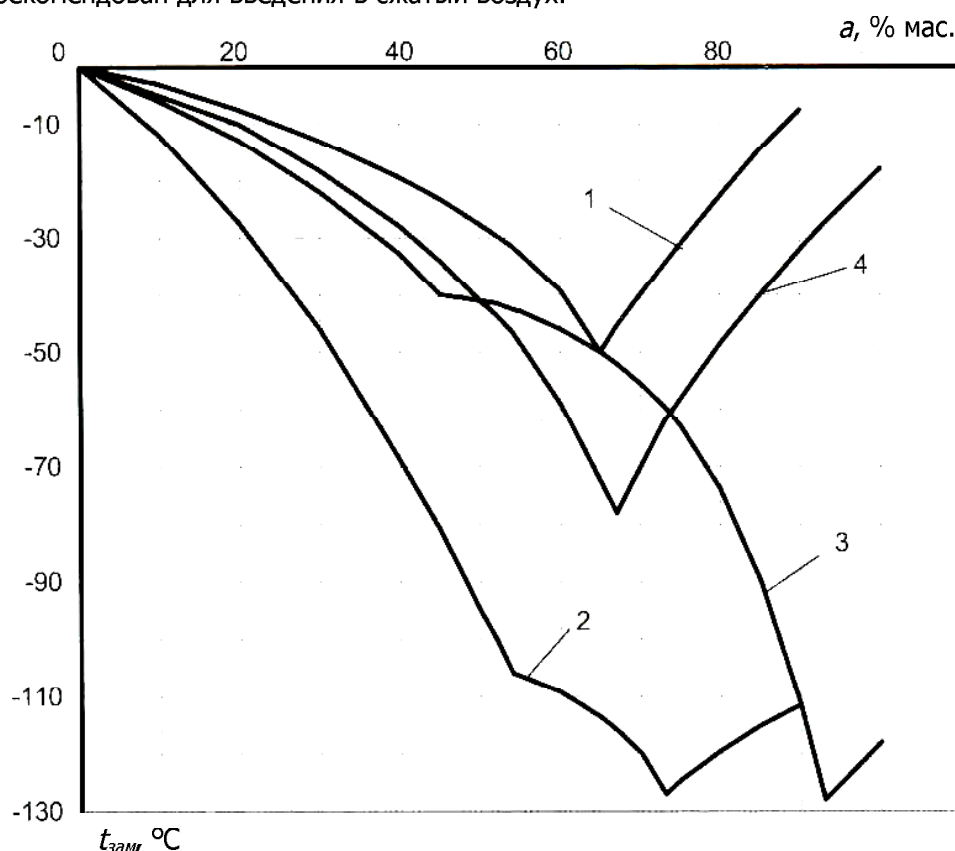


Рис. 1. Зависимость температуры замерзания водных растворов жидкостей от их концентрации: 1 — глицерин; 2 — метиловый спирт; 3 — этиловый спирт; 4 — этиленгликоль

Этиленгликоль имеет диапазон концентраций в пределах 40—90 %, вязкость его в 25 раз выше вязкости этилового спирта. Он относится к малолетучим веществам. Так, например, при температуре 10 °С упругость его насыщенных паров в 120 раз ниже, чем этилового спирта. Вследствие этого применять этиленгликоль нельзя. Кроме того, этиленгликоль — сильный яд. Наиболее опасен при попадании внутрь организма. В этом случае поражаются центральная нервная и сердечно-сосудистая системы, почки, лёгкие. Поэтому этиленгликоль обладает худшими рабочими характеристиками для рассматриваемой цели.

Метиловый спирт (метанол) имеет весьма широкие пределы рабочих концентраций. Он работоспособен практически во всём диапазоне концентраций раствора. Его вязкость примерно в 2 раза ниже вязкости этилового спирта.

Таким образом, метиловый спирт по своим техническим данным значительно предпочтительней других жидкостей. Но он не может быть применён на подвижном составе железнодорожного транспорта из-за высокой токсичности. Попадание в организм человека 5—10 см³ метанола приводит к тяжёлому отравлению, а 30 см³ и более — к смерти. В парообразном состоянии метиловый спирт сильно раздражает дыхательные пути и слизистую оболочку глаз, поражает зрительные нервы, сетчатку, проникает через кожу.

Рабочие концентрации этилового спирта для температур до минус 30 °С находятся ниже 40 % мас. Он достаточно летуч, имеет невысокую вязкость. По техническим характеристикам применение этилового спирта менее целесообразно по сравнению с метиловым, однако он менее токсичен и не столь опасен для обслуживающего персонала.

Из приведённого анализа видно, что для применения на подвижном составе железнодорожного транспорта наиболее приемлемой жидкостью с пониженной температурой замерзания является этиловый спирт.

Для облегчения инженерных расчётов на рис. 2 приведена номограмма рассмотренной зависимости. Порядок пользования номограммой показан стрелками. Например, при $t_0 = \text{минус } 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\phi_0 = 90\%$ расход спирта при давлении сжатого воздуха 0,9 МПа равняется 0,32 г/м³. При $t_0 = \text{минус } 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\phi_0 = 90\%$, $g = 0,67\text{ г/м}^3$ и т. д. Из графиков следует, что максимальный расход вводимого в пневмомагистраль спирта имеет место при температурах атмосферного воздуха от минус 10 до минус 15 °С. Его величина составляет 0,73 г/м³.

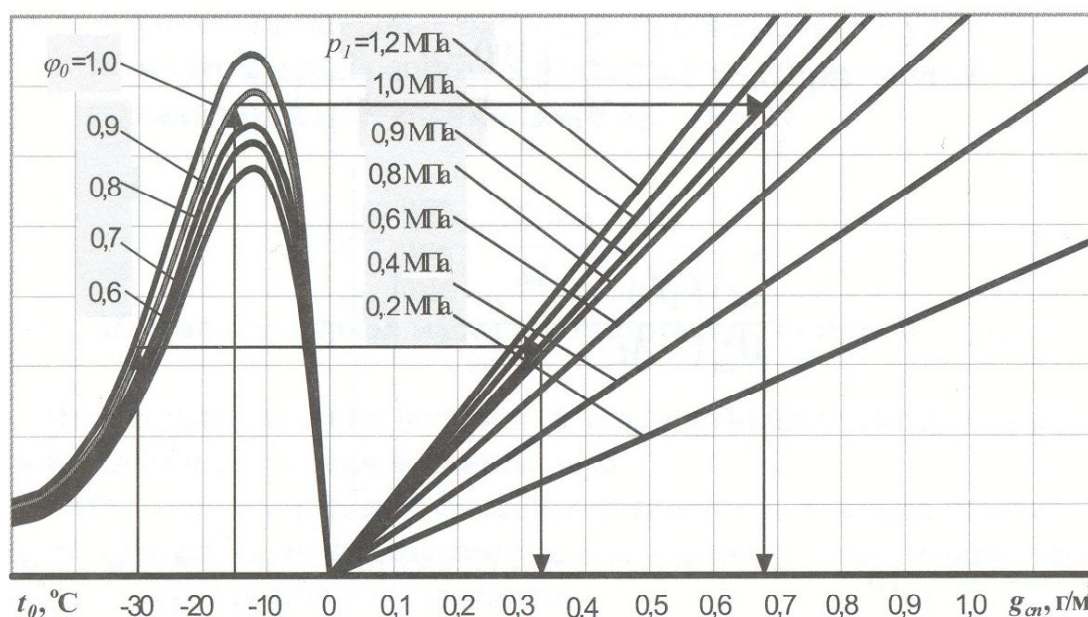


Рис. 2. Зависимость расхода этилового спирта от температуры и влажности атмосферного и давления сжатого воздуха

Введение в сжатый воздух этилового спирта может осуществляться аппаратами, работающими по принципу его испарения, — спиртоиспарителями [3].

Принципиальная схема спиртоиспарителя для пневмосистемы локомотива приведена на рис. 3. Действие аппарата заключается в следующем. Нагретый в процессе сжатия в компрессоре воздух поступает в аппарат. При прохождении сжатого воздуха по каналу, диаметр d_2 которого меньше диаметра d_1 входного отверстия, в сечении 2—2 по сравнению с сечением 1—1 скорость воздушного потока возрастает, а статическое давление уменьшается. Под действием разрежения поток сжатого воздуха делится на две части: одна из них через канал 1 поступает в пространство 3 над испаряемой жидкостью, обогащается её парами и на выходе из канала 2 смешивается со вторым потоком, направляющимися в магистраль. При движении по воздухопроводу температура воздушно-спиртовой смеси понижается, что приводит к конденсации паров воды и спирта с образованием водного раствора. Для определения производительности испарителя (по спирту) необходимо знать расход сжатого воздуха над поверхностью испарения, температуру паровоздушной смеси, коэффициент испарения спирта в аппарате конкретной конструкции.

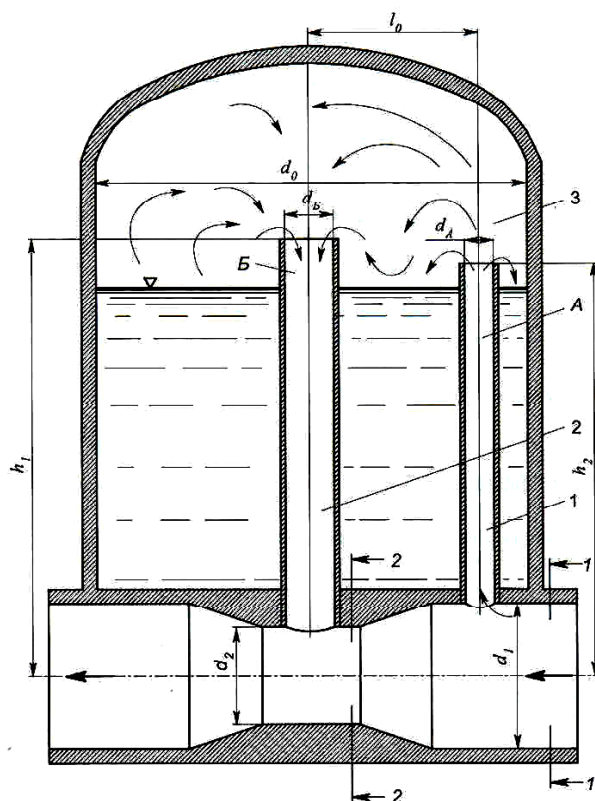


Рис. 3. Спиртоиспаритель

Количество сжатого воздуха, проходящего над поверхностью жидкости в резервуаре аппарата, определяется из его гидравлического расчёта [4]. При этом аэродинамический тракт испарителя рассматривается как два параллельно включённых канала, каждый из которых представляет сумму нескольких последовательно расположенных местных сопротивлений и сопротивлений трения.

В настоящее время для применения той или иной установки на подвижном составе необходимо технико-экономическое обоснование, позволяющие говорить об экономической эффективности применения устройства.

На протяжении многих лет учёными ВЭЛНИИ, ВНИКТИ, РИИЖТа (ныне РГУПС) проводились фундаментальные исследования спиртоиспаряющих установок для локомотивов [5]. Резуль-

таты этих исследований приведены на рис. 4 и 5 в виде интегральных гистограмм годовых расходов спирта спиртоиспарителями, эксплуатирующимися в различных климатических зонах РФ.

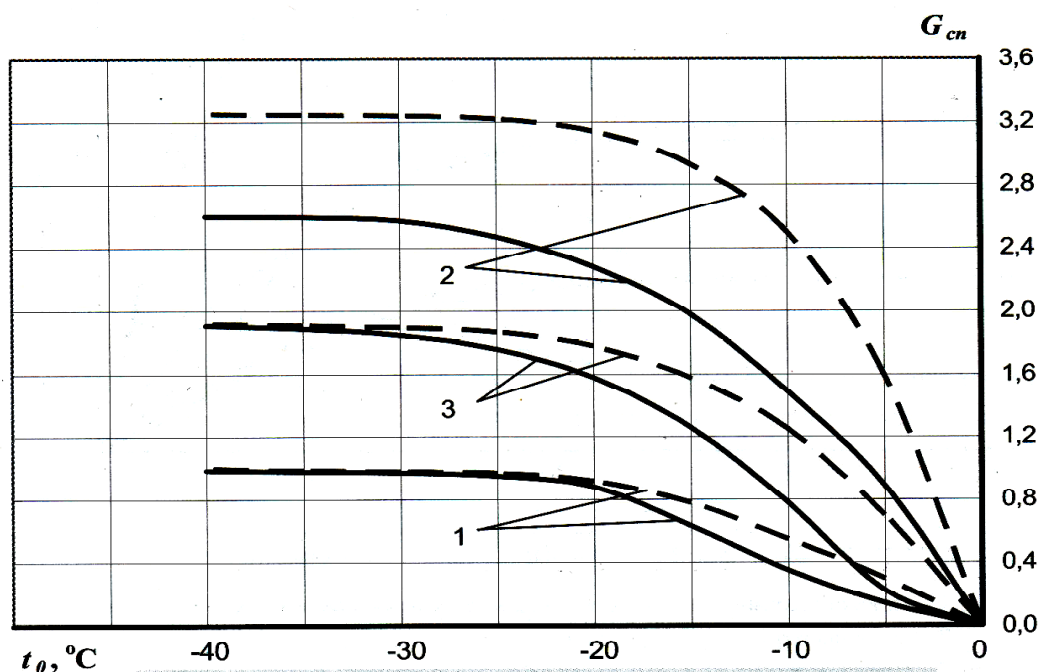


Рис. 4. Интегральные кривые гистограмм годовых расходов спирта в I и II климатических зонах РФ (сплошная линия — I климатическая зона, пунктир — II климатическая зона): 1 — спиртоиспаритель с регулируемым расходом спирта; 2 — спиртоиспаритель без регулирования расхода спирта; 3 — спиртоиспаритель с импульсным регулированием расхода спирта

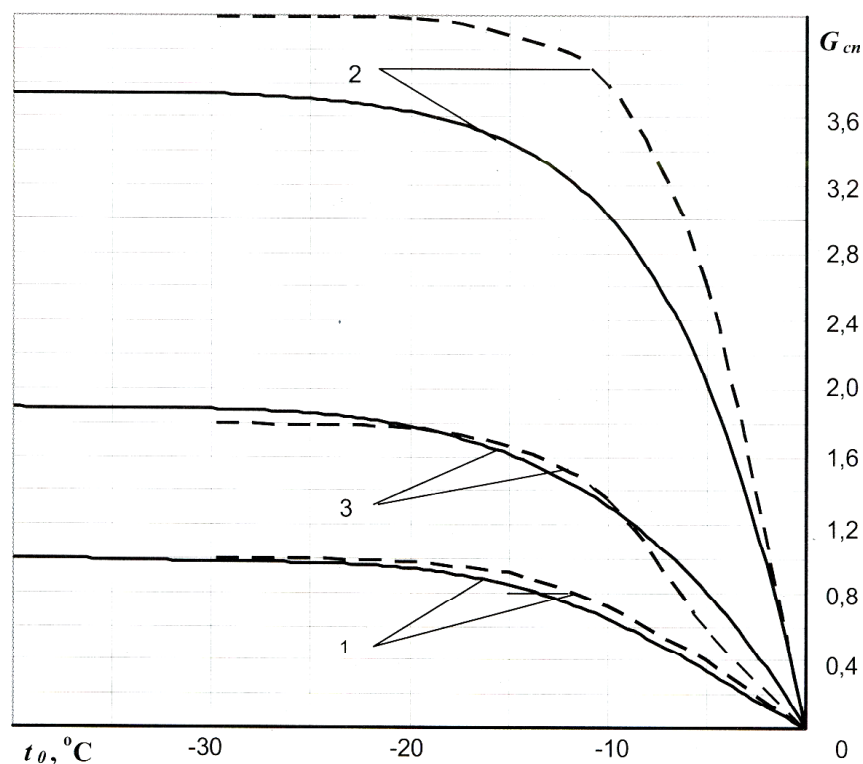


Рис. 5. Интегральные кривые гистограмм годовых расходов спирта в III и IV климатических зонах РФ (сплошная линия — III климатическая зона, пунктир — IV климатическая зона): 1 — спиртоиспаритель с температурным регулированием расхода спирта; 2 — спиртоиспаритель без регулирования расхода спирта; 3 — спиртоиспаритель с импульсным регулированием расхода спирта

По оси ординат на графиках отложены расходы спирта в относительных единицах, причём за единицу приняты расходы испарителя с регулированием его производительности в функции температуры атмосферного воздуха (кривые 1). Кривые 2 показывают расход спирта аппаратами, устанавливаемыми в настоящее время на электровозах. Из сравнения кривых 1 и 2 следует, что существующие спиртоиспарители неэкономичны: расход спирта выше необходимого примерно в 2,6 раза для I климатической зоны; в 3,25 раза — для II; в 3,6 — для III, в 4,2 — для IV. Таким образом, применение регулирования производительности аппарата позволит значительно сэкономить спирт.

Реализация плавного регулирования производительности спиртоиспарителя в функции температуры атмосферного воздуха представляет определённые технические сложности. Значительно более простой представляется схема с периодической подачей спирта в сжатый воздух.

Сущность способа заключается в том, что в течение определённого числа циклов включения-выключения компрессора спиртоиспаритель включён. При этом в магистраль поступает спирт, количество которого превышает минимально необходимое при данной температуре атмосферного воздуха. В последующей серии запусков компрессора аппарат выключен, а конденсирующаяся влага смешивается с уже имеющимся в магистрали спиртом, образуя при этом водно-спиртовой раствор, концентрация которого постепенно уменьшается до минимально допустимого для данных температурных условий окружающей среды.

Наиболее целесообразно применять такую схему регулирования в диапазоне температур от 0 °С до минус 5 °С, в котором нерегулируемый аппарат допускает большие перерасходы спирта.

Расчёты показывают, что применительно к пневматической схеме электровозов и при работе компрессора с продолжительностью включения, равной 33 %, такая схема реализуется при включении спиртоиспарителя в работу через каждые четыре цикла включения-выключения компрессора.

Рисунки 4 и 5 показывают, что годовые расходы спирта в рассматриваемом случае несколько превышают теоретически необходимые, но экономия спирта остаётся весьма существенной. Для I климатической зоны расходы спирта испарителем с импульсным регулированием сокращаются по сравнению с нерегулируемым примерно в 1,35 раза, для II — в 1,7 раза, для III — в 1,95, для IV — в 2,5 раза.

Заключение. Таким образом, применение спиртоиспаряющих установок возможно на магистральном подвижном составе железных дорог РФ, однако требует тщательного расчёта аппаратов-дозаторов, обучения поездной бригады локомотивов и квалифицированного персонала депо для обслуживания, профилактики и ремонта спиртовых установок.

Библиографический список

1. Стратегия научно-технического развития ОАО «РЖД» до 2015 года.
2. Справочник химика. — Москва-Ленинград: Госхимиздат, 1963. — Т. 1. — 1071 с.
3. Скогорев, И. В. Исследование дозаторов жидкости для предотвращения замерзания конденсата в пневматических магистралях электровозов / И. В. Скогорев, Ю. Н. Головач / Теплопередача и газодинамика. — 1976. — Т. 333. — Вып. 5. — С. 93—99.
4. Головач, Ю. Н. Исследование локомотивного спиртоиспарителя / Ю. Н. Головач, И. В. Скогорев, В. Г. Ушаков // Изв. Сев.-Кав. научн. центра высш. школы. Техн. науки. — 1976. — № 4. — С. 97—99.
5. Головач, Ю. Н. Устройства для подготовки сжатого воздуха на локомотивах: науч.-иссл. отчёт / Ю. Н. Головач, И. В. Скогорев, А. А. Шарунин. — Новочеркасск, 1988. — 169 с.

Материал поступил в редакцию 08.12.2011.

References

1. Strategiya nauchno-texnicheskogo razvitiya OAO «RZhD» do 2015 goda. — In Russian.
2. Spravochnik ximika. — Moskva-Leningrad: Gosximizdat, 1963. — T. 1. — 1071 s. — In Russian.
3. Skogorev, I. V. Issledovanie dozatorov zhidkosti dlya predotvrashheniya zamerzaniya kondensata v pnevmaticheskix magistralyax e`lektrovozov / I. V. Skogorev, Yu. N. Golovach / Teplo-predacha i gazodinamika. — 1976. — T. 333. — Vy`p. 5. — S. 93—99. — In Russian.
4. Golovach, Yu. N. Issledovanie lokomotivnogo spirtoisparitelya / Yu. N. Golovach, I. V. Skogorev, V. G. Ushakov // Izv. Sev.-Kav. nauchn. centra vy`ssh. shkoly`. Texn. nauki. — 1976. — № 4. — S. 97—99. — In Russian.
5. Golovach, Yu. N. Ustrojstva dlya podgotovki szhatogo vozduxa na lokomotivax: nauch-issl. otchyot / Yu. N. Golovach, I. V. Skogorev, A. A. Sharunin. — Novocherkassk, 1988. — 169 s. — In Russian.

MOISTURE CRYSTALLIZATION RISK REDUCTION IN PNEUMATIC SYSTEMS THROUGH SPIRIT INSTALLATIONS APPLICATION

L. F. Ripol-Saragosi

(Rostov State Transport University)

The issues on the elimination mechanisms of the rolling stock pneumatics overfreezing using antifreezes are considered. The construction solutions are analyzed. The most acceptable solutions are suggested.

Keywords: *compressed air, rolling stock, spirit evaporator.*