

# Низковязкие пропиленгликолевые хладоносители

**Л.С. Генель,**

генеральный директор ООО «Спектропласт» г.Москва, к.т.н.

**М.Л. Галкин,**

коммерческий директор ООО «Спектропласт» г.Москва, к.т.н.

Высокая конкурентная способность пропиленгликолевых хладоносителей проявляется для объектов холодообеспечения, при эксплуатации которых предъявляется ряд жестких требований по токсичности, пожаровзрывобезопасности, санитарии, гигиене, экологической безопасности.

Выгодно отличает пропиленгликолевые хладоносители от других возможность длительно работать в контакте с широким ассортиментом конструкционных материалов во вторичном контуре. Допускается использование во вторичном контуре изделий из углеродистых сталей, которые отличаются от аналогичных изделий из нержавеющей сталей лучшими (до двух раз) показателями теплопроводности и прочности. Кроме того изделия из углеродистой стали значительно дешевле.

Хладоносители на основе пропиленгликоля с набором специальных присадок могут эксплуатироваться во вторичном контуре, сочетающим в себе детали из углеродистой стали, меди, алюминия.

Хладоноситель на основе

пропиленгликоля в отличие от хладоносителей на основе формиата калия, аммиака, двуокси углерода, способен работать не только в закрытых системах, но и в относительно дешевых и удобных в эксплуатации открытых системах, поскольку он обладает малой упругостью паров и относительно стабилен к растворенному в нем атмосферному кислороду, определяющему коррозионную активность хладоносителя.

Вышеперечисленные преимущества пропиленгликолевых хладоносителей, дополнительно к устойчивости к микроорганизмам, относительно низкой скоростью образования слоев накипи на стенках оборудования и накипно-коррозионных отложений в застойных зонах, позволяют изготавливать вторичный контур из наиболее эффективного и не дорогого оборудования, а эксплуатация его характеризуется низкими затратами, надежностью и долговечностью.

Однако более широкое и эффективное применение пропиленгликолевых хладоносителей сдерживается до настоящего времени значительной его вяз-

костью при низких температурах. При температурах ниже минус 20°C его вязкость достигает значений, при которых энергозатраты на перемещение хладоносителя в контуре с заданной скоростью становятся столь значительными, что из-за соображений энергоэффективности отдается предпочтение хладоносителям на основе других веществ, например, формиатов и ацетатов калия,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , этилового спирта.

Для оценки ситуации на рис.1 приводятся значения динамической вязкости хладоносителей на основе водных растворов пропиленгликоля (ПГ), этиленгликоля (ЭГ), этанола (ЭТ), глицерина (ГЛ), хлорида кальция (ХК), формиата калия (ФК), ацетата калия (АЦК), имеющих одинаковую температуру начала кристаллообразования ( $t_{\text{н.кр.}}$ ) -40°C.

Поэтому в настоящее время актуальной является задача создания хладоносителей, имеющих приемлемую вязкость при низких температурах и одновременно обладающих основными конкурентными преимуществами классических пропиленглико-

левых хладоносителей.

Вязкость влияет и на характер течения хладоносителя во вторичном контуре и на интенсивность теплообмена в пристенных слоях теплообменника.

Молекулярно-кинетическая теория объясняет вязкость движением слоев жидкости и межмолекулярным взаимодействием, ограничивающим подвижность молекул. При слабом межмолекулярном взаимодействии слой внутри жидкости при перемещении менее глубоко проникает в соседний слой и переносит меньшее количество движения (закон Максвелла).

Качественная закономерность заключается в том, что увеличение молекулярной массы, степени разветвленности или способности молекулы ассоциироваться с соседними молекулами приводит к увеличению, как вязкости, так и чувствительности вязкости к температурным изменениям. Возникновение в жидкостях пространственных структур, образуемых сцеплением частиц или макромолекул, вызывает резкое повышение вязкости. При течении «структурированной» жидкости работа внешней силы затрачивается не только на преодоление истинной (ньютоновской) вязкости, но и на разрушение структуры.

С учетом изложенных в первом приближении представлений о вязкости при разработке низковязкого пропиленгликолевого хладоносителя в его состав вводили целевые присадки:

- снижающие межмолекулярное

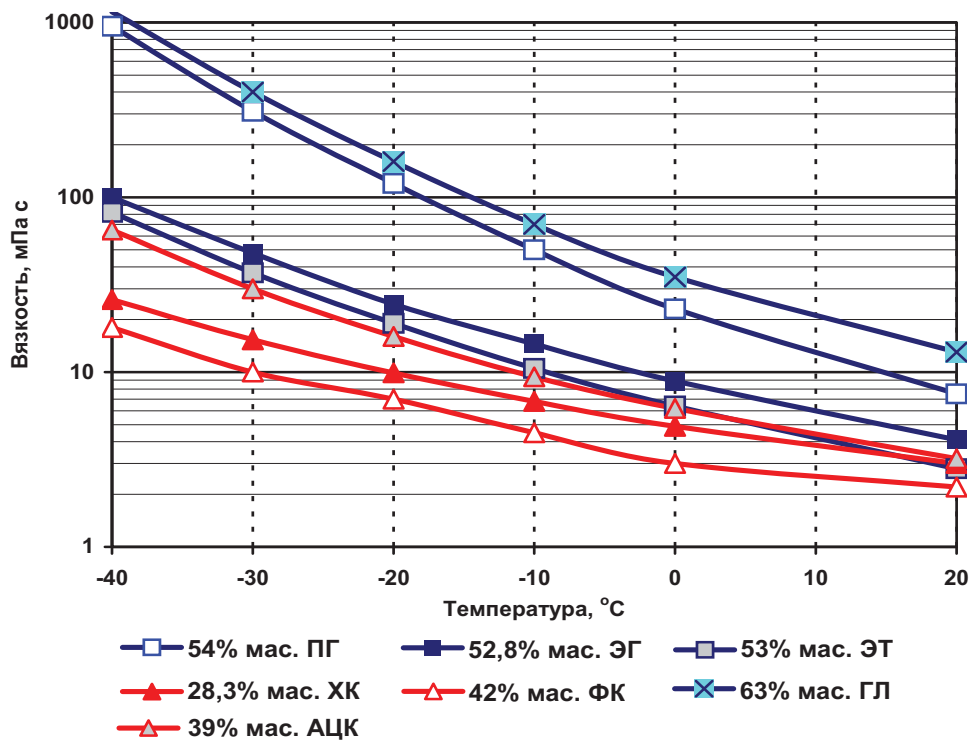


Рисунок 1. Динамическая вязкость хладоносителей с тн.кр. -40°C

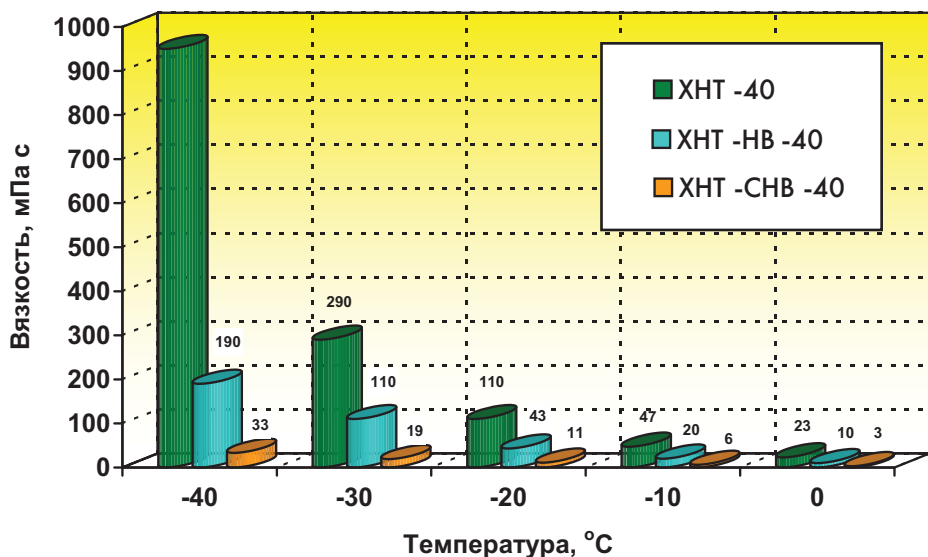
взаимодействие;

- повышающие диссоциацию компонентов в воде (т.е. уменьшающие средние молекулярную массу и размер молекул);
- регулирующие гидрофильно-гидрофобное взаимодействие компонентов хладоносителя со стенками теплообменного оборудования.

При выборе компонентов для снижения вязкости хладоносителя учитывалась необходимость сохранения таких практически важных при длительной эксплуатации свойств как низкая коррозионная активность, устойчивость пены, осадкообразование, устойчивость к микроорганизмам, возможность эксплуатации в открытых системах. Для этого учитывалась совместимость компонентов между собой, контролировалась возможность проявления ими синергических и антисинергических эффектов,

возможность взаимодействия между собой вновь образованных комплексов. **Особенно сложна и ответственна задача совмещения в хладоносителе ингибиторов коррозии с компонентами, снижающими вязкость.** И все это необходимо для обеспечения в производственных условиях надежной и длительной эксплуатации, когда возможны и внештатные ситуации, например, накопление продуктов коррозии или протечки в хладоноситель охлаждаемой продукции, например, кваса, вина, соков или пива.

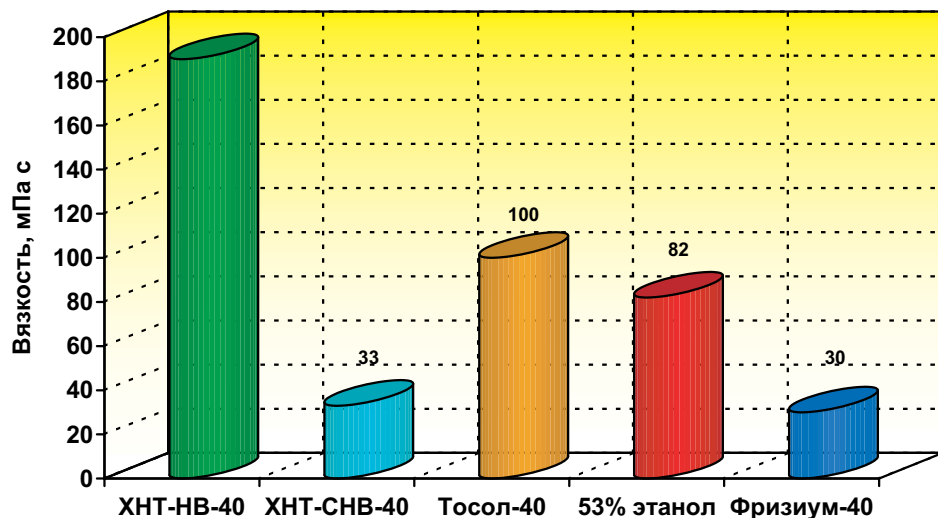
Специалистами ООО «Спектропласт» разработаны составы хладоносителей марок ХНТ-НВ (низковязкий) и ХНТ-СНВ (сверхнизковязкий) в значительной мере удовлетворяющие требованиям эффективности, надежности, стабильности, долговечности



**Рисунок 2.** Зависимость от температуры вязкости пропиленгликолевых хладоносителей с  $t_{нач. кр.} = -40^{\circ}\text{C}$  марок ХНТ, ХНТ-НВ и ХНТ-СНВ.

Примечание:

Вязкость ХНТ-40 соответствует вязкости 54% масс. пропиленгликоля в воде на рис. 1



**Рисунок 3.** Значения вязкости различных хладоносителей с  $t_{нач. кр.} = -40^{\circ}\text{C}$  при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$

Примечание:

Вязкость хладоносителей измерялась на вязкозиметре Хеплера в сопоставимых условиях.

**Таблица:** Некоторые свойства хладоносителей.

Свойства при 20°C	Хладоносители			
	ХНТ-40	ОЖ-40 (53% ЭГ)	ХНТ-НВ-40	ХНТ-СНВ-40
Устойчивость пены, с	3	3	3	1
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,040	1,070	1,115	1,250
Теплоемкость, Дж/(кг·К)	3505	3245	3141	2970
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,346	0,381	0,357	0,459
Динамическая вязкость, мПа·с	7,5	4,1	4,5	1,8

и безопасности, характерными для пропиленгликолевых хладоносителей. Вязкости этих хладоносителей, в сравнении с классическим вариантом пропиленгликолевого хладоносителя, в частности, марки ХНТ снижена в разы. Их значения представлены на рис.2.

Из данных, представленных на рис. 3 видно, что значения вязкости ХНТ-НВ и тосола (53% этиленгликоля) при  $-40^{\circ}\text{C}$  сопоставимы. По соображениям санитарии, гигиены и экологии и с учетом запаса мощности насосов во вторичном контуре хладоносители ХНТ-НВ могут заменить этиленгликолевые хладоносители. Хладоноситель ХНТ-СНВ сопоставим по вязкости с хладоносителем на основе формиата калия и менее вязкий, чем большинство других промышленных марок хладоносителей.

Некоторые теплофизические свойства пропиленгликолевых хладоносителей серии ХНТ при  $+20^{\circ}\text{C}$  в сравнении с этиленгликолем приведены в таблице.

Рис.4 иллюстрирует совместимость в хладоносителе компонентов, снижающих вязкость и замедляющих скорость коррозии.

Результаты исследований, приведенные на рис.5, на примере хладоносителя ХНТ-НВ, обосновывают возможность применения во вторичном контуре холодильного оборудования контактирующих между собой изделий из разнородных металлов.

Образец стали «Ст20 ржавый» в отличие от образца «Ст20», перед проведением коррозионных испытаний предварительно

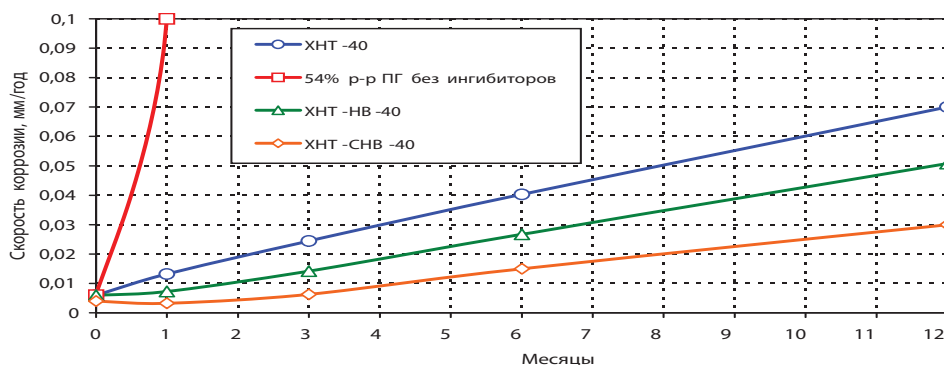
выдерживался в коррозионно-активной среде до образования на поверхности слоя ржавчины толщиной 15-30 мкм. **Скорость коррозии такого образца в значительной мере характеризует надежность и долговечность при эксплуатации вторичного контура.** Дело в том, что коррозионная активность хладоносителя по отношению к поверхностям деталей вторичного контура, изготовленным из углеродистой стали, и уже покрытых слоем ржавчины существенно выше, чем для чистой поверхности. И на практике именно по ржавым поверхностям чаще всего происходит ускоренный износ и разрушение вторичного контура.

Проведение **мониторинга состояния хладоносителя позволяет обнаружить изменения коррозионной активности хладоносителя и при необходимости восстановить его свойства, в том числе без остановки работы холодильного оборудования.**

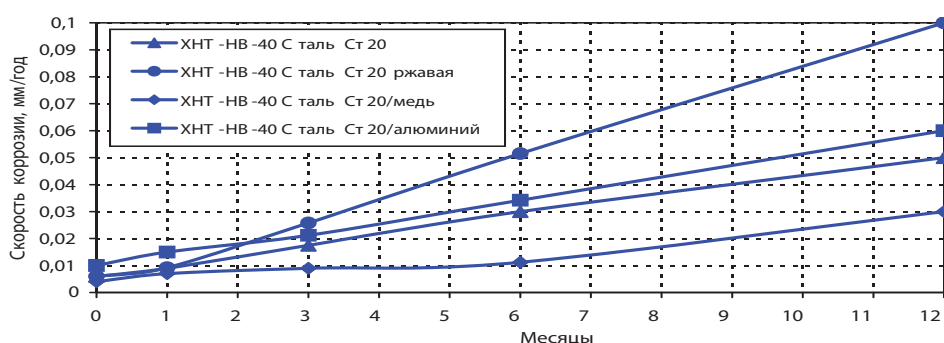
Рис.6 показывает толерантность низковязкого хладоносителя ХНТ-СНВ к возможным протечкам охлаждаемой продукции.

Хладоноситель ХНТ-СНВ успешно прошел испытания и в 2009 году освоено его промышленное производство. В настоящее время хладоноситель проходит сертификацию в Федеральной службе Роспотребнадзора.

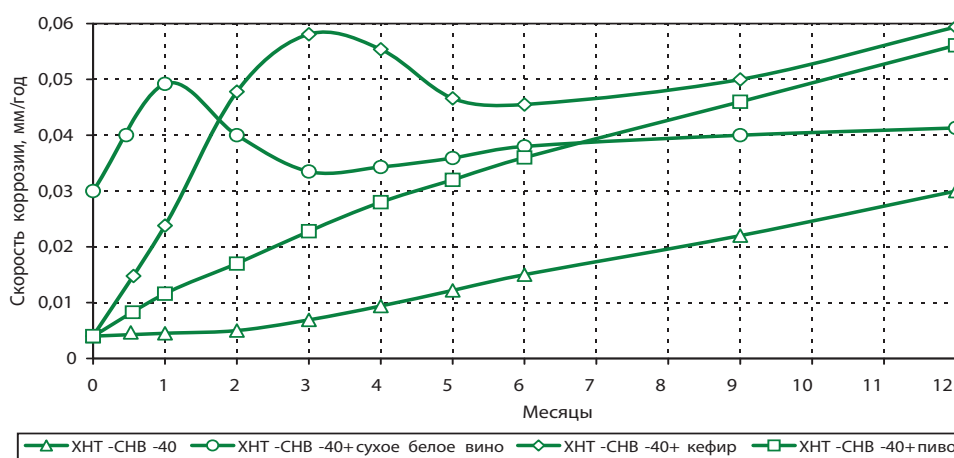
ХНТ-НВ производится по ТУ 2422-011-11490846-07, разрешен Роспотребнадзором для применения в системах охлаж-



**Рисунок 4.** Изменение во времени скорости коррозии Ст20 в хладоносителях серии ХНТ при +20°C



**Рисунок 5.** Изменение во времени скорости коррозии образца стали марки Ст20 и его в контакте с медью и с алюминием, а также образца стали Ст20 ржавого, в хладоносителях марки ХНТ-НВ-40 при +20°C при доступе воздуха.



**Рисунок 6.** Изменение во времени скорости коррозии образца стали Ст20 в хладоносители ХНТ-СНВ-40 при +20°C при протечке в хладоноситель 1% масс. охлаждаемой продукции.

дения пищевых и других производств, в системах кондиционирования жилых домов, общественных зданий и сооружений. Хладоноситель ХНТ-НВ успешно эксплуатируется более двух лет в холодильных систе-

мах открытого и закрытого типа на ряде пищевых предприятий и в системах кондиционирования воздуха, в том числе во вторичных контурах, ранее эксплуатировавшихся на тосоле (этиленгликоле).