



УДК 621.57.047: 621.564.25

Ярославское АО «Холодмаш»: холодильные герметичные компрессоры на R600a

И.Н. БЕРЕГОВИЧ
АО «Холодмаш»

Развитие холодильной техники в настоящее время находится под влиянием трех определяемых экологическими проблемами взаимосвязанных факторов:

- требований Монреальского протокола о прекращении потребления веществ, разрушающих озоновый слой (в первую очередь широко распространенного хладагента R12) и о временном и количественном ограничении применения веществ переходной группы, имеющих малый потенциал разрушения озонового слоя (ODP);

- требований Киотского протокола к «Рамочной конвенции ООН об изменении климата» о регулировании эмиссии парниковых газов (веществ, имеющих высокий потенциал глобального потепления – GWP), к которым относятся широко применяемый хладагент R134a и многие другие вещества, используемые в холодильной технике;

- традиционного требования к повышению энергоэффективности всех видов холодильной техники, что обусловлено растущей конкуренцией на российском рынке и положениями Федерального закона «Об энергоэффективности», а в сфере бытовой техники – еще и требованиями ГОСТ Р 51565-2000 об обязательном определении и информировании потребителей о классе энергоэффективности холодильников и морозильников.

Анализируя наиболее известные, разработанные в различное время в нашей стране и за рубежом хладагенты – заменители R12, можно убедиться, что у каждого из них имеются уязвимые места с точки зрения выполнения перечисленных требований (табл. 1). Поэтому в перспективе все они могут оказаться объектами разного рода экологического регулирования, которое в конечном итоге сведется к запретам их производства и потребления.

Кроме того, для осознанного применения альтернативных веществ в производстве новой техники и сервисе эксплуатируемого парка холодильного оборудования необходимо иметь достаточно большой объем информации о термодинамических свойствах этих веществ, их взаимодействии с другими материалами и веществами в холодильной машине, а также данные о санитарно-гигиенических свойствах и т.д. Эти сведения не всегда

имеются для предлагаемых на рынке веществ, в том числе и отечественных.

Немаловажными факторами успешного внедрения новых хладагентов являются также наличие отечественного производства как самих веществ, так и компрессоров, предназначенных для работы на них, и возможность экспорта холодильной техники, работающей на таких веществах.

С учетом всего перечисленного перспективным направлением обеспечения полной экологической безопасности холодильного оборудования, в первую очередь бытового и торгового с малыми заправками хладагента, представляется применение изобутана (R600a). В пользу такого решения говорят следующие доводы.

- В Европе в настоящее время уже более 35% бытовых холодильников выпускают на R600a, в целом в мире 10% этой техники работает на углеводородах; в некоторых странах, например в Великобритании, наблюдается тенденция использования уг-

леводородов также и в торговой холодильной технике (прилавки, шкафы, витрины).

- Изобутан (R600a) – природное вещество, совместимое с минеральными маслами. Его состав определен нормативно-техническими документами, производство освоено на российских предприятиях. Так, ожиженный изобутан, производимый на опытно-экспериментальной базе ВНИИГАЗ по ТУ 51-945–90, в целом соответствует требованиям, предъявляемым к хладагенту для бытовых холодильников.

Изобутан, выпускаемый по ТУ 38.101492–75 на ПО «Киришнефтеоргсинтез» (Ленинградская обл.) и АО «Нефтехимический комбинат» (г. Новокуйбышевск), после доведения в нем содержания изобутана до 99,5% тоже может быть использован в холодильной технике. Кроме того, на Белорусском ГПЗ планируется производство R600a для завода бытовых холодильников «Атлант».

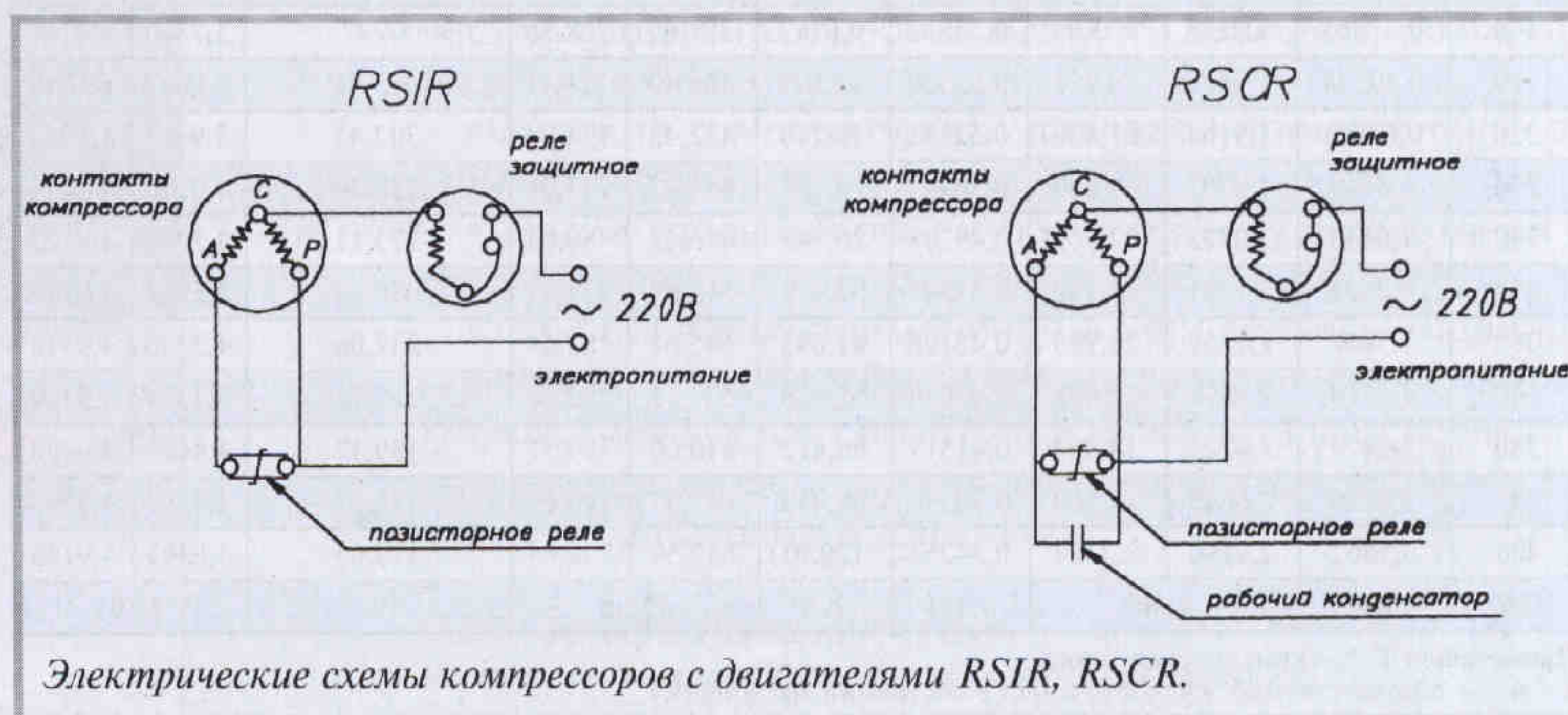
- Теоретические расчеты и практическое применение показывают, что изобу-

Таблица 1

Характеристики хладагентов – заменителей R12

Характеристики	R12	Альтернативные хладагенты									
		R134a	R401A	R401B	R409A	Смесь	C10M1	C10	M1LE	C1	R600a
Компоненты смесевых хладагентов	–	–	R22/ R152A/ R124	R22/ R152A/ R124	R22/ R124/ R142в	R22/ R142b	R22/ R142b/ R21	R22/ R21	R22/ R142b/ R21+ +при- скадка	R152a/ R600a	–
Потенциал разрушения озонового слоя	0,90	0	0,030	0,035	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0	0
Потенциал глобального потепления (GWP)	8500	1300	1120	1230	1530	1700*	1700*	1700*	1700*	98	0
Горючесть		Негорючий								Горючий	

Примечание. GWP указан для компонента, имеющего в смеси наибольшее содержание.



Электрические схемы компрессоров с двигателями RSIR, RSCR.

тан имеет несколько больший энергетический КПД, чем R12 или R134a: его значения находятся в диапазоне 5 – 10% (в зависимости от уровня давления), а при оптимизации холодильной системы в целом он может быть доведен до 15%. При этом следует иметь в виду хорошие энергетические показатели R600a при высоких температурах окружающей среды.

Изобутан – горючее вещество, и до недавнего времени препятствием для его использования в бытовой холодильной технике был запрет на применение горючих хладагентов, установленный действовавшим стандартом, но с выходом новой редакции ГОСТ Р МЭК 66035-2-24–2001 это препятствие устранено.

На Ярославском АО «Холодмаш» про-

изводятся компрессоры для работы на изобутане с безыскровой пускозащитной аппаратурой в двух исполнениях (в зависимости от примененной электрической схемы: средней эффективности – RSIR или повышенной эффективности – RSCR). Кроме того, готовятся к производству перспективные высокоэффективные модели.

Электрические схемы компрессоров даны на рисунке, технические характеристики приведены в табл. 2. (Габаритные и присоединительные размеры компрессоров серии P приведены в статье автора «Современные компрессоры Ярославского АО «Холодмаш» для торговых и промышленных холодильных установок» – «Холодильная техника» № 8/2001.)

Характеристики компрессоров средней и повышенной эффективности подтверждены испытаниями в заводской лаборатории.

Таким образом, можно сказать, что материально-техническая и нормативная база по переходу бытовой холодильной техники в России на применение изобутана в качестве хладагента имеется.

Термодинамические свойства изобутана R600a в состоянии насыщения представлены в табл. 3.

Исходя из изложенного, в качестве наиболее подходящего из известных хладагентов для использования в бытовых холодильниках может быть рекомендован изобутан R600a с содержанием изобутана 99,5%, пропана не более 0,4%, *n*-бутана не более 0,2%, других примесей не более 0,01%. Наличие воды недопустимо.

Таблица 2
Характеристики компрессоров серии P, предназначенных для работы на хладагенте R600a

Модель	Объем цилиндра, см ³	Масса, кг	Тип двигателя	Холодопроизводительность Q , потребляемая мощность N и холодильный коэффициент ϵ		
				Q , Вт	N , Вт	ϵ
Компрессоры средней эффективности						
RHP10AA	9,93	10,0	RSIR	137	112	1,23
RHP12AA	12,10	10,4	RSIR	174	149	1,17
RHP14AA	14,31	10,7	RSIR	200	169	1,18
RHP16AA	16,14	10,9	RSIR	222	186	1,19
Компрессоры повышенной эффективности						
RHP10AH	9,93	10,0	RSCR	137	105	1,3
RHP12AH	12,10	10,4	RSCR	174	139	1,25
RHP14AH	14,31	10,7	RSCR	200	158	1,26
RHP16AH	16,14	10,9	RSCR	222	175	1,27
Компрессоры высокоэффективные (перспективные модели)						
RHPY10AA	9,93	10,0	RSIR/RSCR	148	104/97	1,43/1,50
RHPY12AA	12,10	10,4	RSIR/RSCR	192	134/128	1,43/1,50
RHPY14AA	14,31	10,7	RSIR/RSCR	220	154/147	1,43/1,50
RHPY16AA	16,14	10,9	RSIR/RSCR	240	167/157	1,44/1,53
Примечания: 1. Род тока — переменный однофазный (напряжение 220 В, частота 50 Гц); пуск обеспечивается при минимальном напряжении 187 В. 2. Холодопроизводительность, потребляемая мощность и холодильный коэффициент определены при температуре кипения — 23 °С, конденсации 55 °С, жидкости перед терморегулирующим вентилем, газа на всасывании и окружающей среды 32 °С.						

Примечания: 1. Род тока – переменный однофазный (напряжение 220 В, частота 50 Гц); пуск обеспечивается при минимальном напряжении 187 В.
2. Холодопроизводительность, потребляемая мощность и холодильный коэффициент определены при температуре кипения – 23 °С, конденсации 55 °С, жидкости перед терморегулирующим вентилем, газа на всасывании и окружающей среды 32 °С.

Таблица 3
Термодинамические свойства R600a на линии насыщения

Температура, К	Давление, МПа	Удельный объем, м ³ /кг		Плотность, кг/м ³		Энтальпия, кДж/кг		Удельная теплота парообразования, кДж/кг	Энтропия, кДж/кг	
		v' · 10 ³	v'' · 10 ³	ρ' · 10 ⁻³	ρ''	h'	h''		s'	s''
230	0,02405	1,5941	1347,3	0,62732	0,74221	219,99	614,36	394,37	3,1791	4,8938
240	0,03989	1,6211	843,2	0,61687	1,1859	241,43	627,44	386,00	3,2744	4,8783
250	0,063153	1,6496	551,11	0,60622	1,8145	263,38	640,72	377,34	3,3590	4,8683
260	0,095995	1,6798	37,38	0,59532	2,6753	285,84	654,16	368,32	3,4463	4,8629
270	0,14081	1,7119	261,69	0,58413	3,8214	308,82	667,70	358,88	3,5322	4,8614
273	0,15698	1,7220	236,43	0,58071	4,2297	315,82	671,77	355,95	3,5577	4,8616
280	0,20020	1,7464	188,22	0,57261	5,3130	332,34	681,29	348,95	3,6169	4,8631
290	0,27686	1,7835	138,54	0,56069	7,2184	356,42	694,86	338,44	3,7004	4,8674
300	0,37365	1,8238	103,99	0,54832	9,6162	381,09	708,36	327,27	3,7830	4,8739
310	0,49344	1,8678	79,371	0,53539	12,599	406,40	721,71	315,31	3,8649	4,8820
320	0,63921	1,9164	61,430	0,52181	16,279	432,42	734,84	302,42	3,9463	4,8914
330	0,8140	1,9707	48,083	0,50743	20,797	459,22	747,66	288,44	4,0276	4,9016
340	1,0210	2,0322	37,962	0,49208	26,342	486,93	760,04	273,11	4,1089	4,9122
350	1,2636	2,1031	30,142	0,47548	33,177	515,67	771,81	256,14	4,1907	4,9225
360	1,5457	2,1869	23,985	0,45728	41,693	545,63	782,69	237,06	4,2733	4,9318
370	1,8719	2,2891	19,038	0,43686	52,526	577,12	792,26	215,14	4,3574	4,9389
380	2,2479	2,4203	14,967	0,41317	66,812	610,60	799,77	189,17	4,4442	4,9420
390	2,6820	2,6043	11,500	0,38399	86,960	647,07	803,66	156,59	4,5357	4,9373
400	3,1862	2,9196	8,3329	0,34251	120,01	689,59	799,64	110,05	4,6394	4,9145
408*	3,6549	4,46		0,224	224	752,5		0		4,791

Примечания: 1. * – критическая точка.
2. ' и '' – соответственно жидкость и пар в состоянии насыщения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калнинь И.М., Смыслов В.И., Фадеков К.Н. Оценка перспектив применения экологически безопасных хладагентов в бытовой холодильной технике // Холодильная техника. 2001. №12.
2. Калнинь И.М., Афанасьева И.А., Смыслов В.И. Требования к тестированию и представлению новых хладагентов // Холодильная техника. 1999. №2
3. Цветков О.Б. Обзор установочных докладов на XX Международном конгрессе по холоду // Холодильная техника. 1999. №12
4. Франсуа Бийяр. Холодильная техника и кондиционеры воздуха: что нового на нормативном уровне? Доклад на конференции в Словакии, сентябрь 2001 г.
5. ГОСТ Р МЭК 60335-2-24–2001 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к холодильным приборам, морозильникам и устройствам для производства льда и методы испытаний».
6. Каталоги зарубежных фирм по фреонам.
7. Техническая документация по лицензионным компрессорам.