

Канд. техн. наук В.Р. Алабьев, (МакНИИ)  
канд. техн. наук А.К. Яковенко (МакНИИ)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ШАХТНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ  
С ВИНТОВЫМ КОМПРЕССОРОМ МХРВ-1 У5 МОЩНОСТЬЮ 1 МВт  
ХОЛОДА**

Викладено основні технічні дані і результати попередніх іспитів досвідченого зразка шахтної холодильної машини з гвинтовим компресором МХРВ-1 У5 потужністю 1 МВт холоду. Установлено, що холодильна машина задовольняє показникам призначення. За результатами попередніх іспитів холодильна машина рекомендована до постачання на шахту для проведення приймальних іспитів.

**RESULTS OF PRELIMINARY TESTS OF AN EXPERIENCED SAMPLE OF  
THE MINE REFRIGERATING MACHINE WITH THE SCREW COMPRES-  
SOR MHRV-1 U5 BY CAPACITY 1 MBT OF A COLD**

The basic specifications and results of preliminary tests of an experienced sample of the mine refrigerating machine with the screw compressor MHRV-1 U5 by capacity 1 MW of a cold are stated. It is established, that the refrigerating machine satisfies to parameters of assignment. By results of preliminary tests the refrigerating machine is recommended to delivery for mine for realization of acceptance tests.

Холодильная машина МХРВ-1 У5 является головным образцом высокопроизводительных шахтных холодильных машин, работающих на допускаримом к применению холодильном агенте, выпуск которых предусмотрен предприятия-ми Украины. Машина предназначена для использования в подземных системах кондиционирования рудничного воздуха глубоких угольных шахт, включая шахты опасные по газу, пыли и внезапным выбросам, и обеспечивает охлаждение технологической воды (хладоносителя), циркулирующей по трубопроводной сети между испарителем холодильной машины и воздухоохладителями, размещенными вблизи охлаждаемых забоев. Машина может применяться также в глубоких рудниках и других отраслях промышленности для комфортного технологического кондиционирования.

Цель настоящей работы – установление основных параметров работы опытного образца холодильной машины в диапазоне условий, обеспечиваемых стендовыми испытаниями.

Согласно техническому заданию на разработку и проекту технических условий на изделие опытный образец холодильной машины МХРВ-1 У5 должен обеспечивать показатели назначения, приведенные в таблице 1.

Холодильная машина выполнена на базе винтового маслозаполненного компрессорного агрегата с водяным охлаждением конденсатора и маслоохладителя компрессорного агрегата. Охлаждение промежуточного теплоносителя – воды осуществляется в испарителе с внутритрубным кипением хладагента. Компоновка машины выполнена в виде двух функциональных блоков – компрессорного и аппаратного, смонтированных на специальных рамах. При дос-

тавке в шахту и перемещении по горным выработкам принятое конструктивное исполнение позволяет транспортировать каждый агрегат отдельно. В подземных условиях холодильная машина может размещаться как в специальной камере, так и в соответствующим образом оборудованных сбойках или уширениях горных выработок. Блоки в условиях эксплуатации располагаются один за другим вдоль горной выработки (камеры) и соединяются между собой по хладагенту гибкими металлическими рукавами.

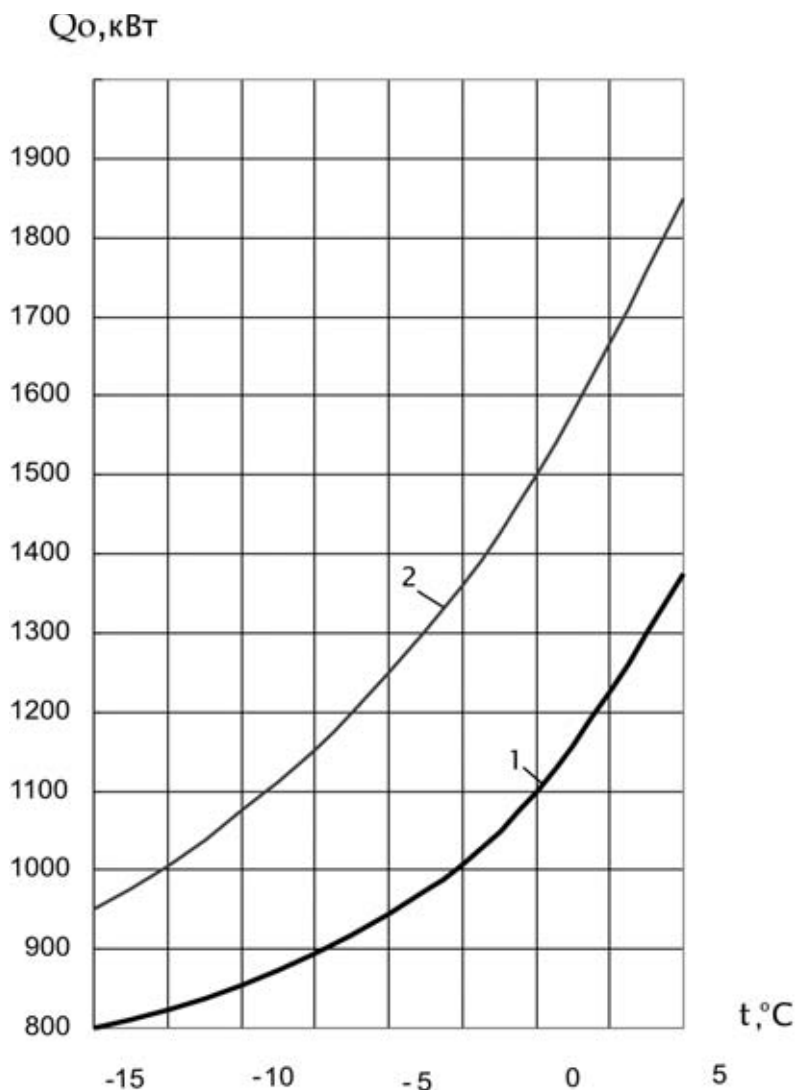
Таблица 1 - Основные технические данные опытного образца шахтной холодильной машины МХРВ-1 У5

Показатели	Значения
Холодильная мощность, кВт	1000
при следующих условиях работы (номинальные значения):	
- температура хладонносителя на выходе из испарителя, °С	3
- температура охлаждающей воды на входе в конденсатор, °С	32
- расход хладонносителя, м <sup>3</sup> /ч	71,4
- расход охлаждающей воды на конденсатор, м <sup>3</sup> /ч	115
Холодильный агент	R22
Диапазон регулирования холодильной мощности	от 100 до 10% номинального значения
Рабочий диапазон параметров технологической воды:	
- температура на выходе из испарителя, °С	от 3 до 6
- температура на входе в конденсатор, °С	от 25 до 38
- расход на испаритель, м <sup>3</sup> /ч	от 70 до 80
- расход на конденсатор, м <sup>3</sup> /ч	от 100 до 150
Давление технологической воды:	
- в испарителе, МПа	не более 2,5
- в конденсаторе и маслоохладителе, МПа	не более 3,0
Требуемое качество технологической воды:	
- содержание механических примесей, мг/л	не более 200
- временная карбонатная жесткость, мг-экв/л	не более 20
- концентрация водородных ионов рН	от 4,0 до 8,5

Компрессорный блок холодильной машины выполнен на основе компрессорного агрегата А900РВ-2-1. Агрегат состоит из винтового компрессора типа V фирмы «Grasso» (Германия), приводного электродвигателя компрессора, маслоотделителя, маслоохладителя, масляного насоса с приводным электродвигателем, масляного фильтра, редукционного клапана, блока управления. Оборудование компрессорного агрегата смонтировано на специальной станине в виде салазок, обеспечивающих возможность перемещения блока по почве горной выработки. Винтовой компрессор работает в маслозаполненном режиме. Охлаждение масла перед подачей в компрессор осуществляется в маслоохладителе с водяным охлаждением.

График изменения холодопроизводительности винтового компрессорного агрегата, в зависимости от значения температур кипения и конденсации холо-

дильного агента приведены на рисунке [1].



1 – температура конденсации 45 °С; 2 – температура конденсации 30 °С.

Рисунок – График зависимости холодопроизводительности компрессорного агрегата А900РВ-2-1 от температуры кипения холодильного агента.

Установленная электрическая мощность приводного электродвигателя компрессора 400 кВт, электродвигателя маслонасоса – 5,5 кВт, блоков питания аппаратуры автоматизации 200 ВА. Исполнение электрооборудования – рудничное взрывозащищенное.

Основой схемы автоматизации холодильной машины МХРВ-1-У5 является микропроцессорный блок управления МБУ-01В, который обеспечивает работу машины в автоматическом или полуавтоматическом режиме и защищает холодильную машину от аварийных режимов работы. Пуск, остановка и аварийное отключение холодильной машины осуществляются автоматически по заданному алгоритму.

Аппаратный блок представляет собой двухъярусный агрегат, расположенный на специальной раме-салазках. Верхним ярусом блока служит испаритель,

смонтированный на кожухотрубном конденсаторе, являющимся нижним ярусом. В составе машины использован горизонтальный кожухотрубный испаритель с внутритрубным кипением холодильного агента. Поверхность теплообмена со стороны холодильного агента составляет 270 м<sup>2</sup>. Поверхность теплообмена конденсатора 409 м<sup>2</sup>. В состав аппаратного блока входят также терморегулирующий вентиль, фильтр-осушитель, щит приборов, запорная арматура и трубопроводы.

Габариты машины в рабочем положении (без блока управления):

- длина – 10000 мм;
- ширина – 1500 мм;
- высота – 1932 мм;
- масса – 12000 кг.

Предварительные испытания опытного образца холодильной машины МХРВ-1 У5 выполнены на стенде для проведения комплексных предварительных испытаний шахтной холодильной техники мощностью 1 МВт холода, сооруженном ОАО ОПО «Холодмаш» (г. Одесса).

Цель предварительных испытаний – проверка машины на соответствие требованиям технического задания, конструкторской документации и проекту технических условий, а также определение возможности предъявления машины на приемочные испытания.

Конструкция стенда, объем стендового оборудования и приборов обеспечивали возможность регулировки и поддержания исходных параметров заданного режима по тепловой нагрузке и охлаждающей воде, а также производить измерения контролируемых параметров, необходимых для вычисления основных эксплуатационных характеристик машины, приведенных в проекте технических условий.

Некоторые результаты предварительных испытаний опытного образца шахтной холодильной машины МХРВ-1 У5 приведены в таблице 2.

В соответствии с методикой испытаний [2] холодопроизводительность машины определялась по формуле

$$Q_o = V_s \cdot \rho_s \cdot c_s (t_1 - t_2), \quad (1)$$

где  $V_s$  – объемный расход хладонотителя через испаритель, м<sup>3</sup>/с;  $\rho_s$  – плотность хладонотителя при средней температуре его на входе и выходе испарителя, кг/м<sup>3</sup>;  $c_s$  – удельная теплоемкость хладонотителя при средней его температуре на входе и выходе испарителя, кДж/(кг·°С);  $t_1, t_2$  – температура хладонотителя на входе и выходе испарителя соответственно, °С.

Таблица 2 – Режимы работы опытного образца шахтной холодильной машины МХРВ-1 У5 при предварительных испытаниях

№ ре-жи-ма	Давление холо-дильного агента R22, МПа		Расход хла-доносителя через испа-ритель, м <sup>3</sup> /ч	Температура хладоносителя, °С		Понижение температуры хладоносителя в испарителе, °С	Расход конденса-торной воды, м <sup>3</sup> /ч	Температура кон-денсаторной воды, °С		Повыше-ние тем-пературы воды в конденса-торе, °С	Холо-дильная мощ-ность, кВт
	кипения	конден-сации		на входе в испари-тель	на выходе из испа-рителя			на вхо-де в конден-сатор	на выходе из кон-денсатора		
1	0,45	16,9	72,0	21,8	9,6	12,2	127,5	32,3	42,3	10,0	1021,6
2	0,44	16,8	72,5	21,0	9,7	11,3	126,0	31,7	41,8	10,1	952,8
3	0,44	16,9	72,0	21,7	9,5	12,2	127,5	32,3	42,2	9,9	1021,6
4	0,46	17,5	68	22,7	10,2	12,5	128,5	34,9	44,1	9,2	988,6
5	0,44	17,2	71,0	21,6	9,1	12,5	118	29,3	40,4	11,1	1032,0
Сре-днее зна-чение	0,446	17,06	71,1	21,76	9,62	12,14	125,5	32,1	42,16	10,06	1003,8

Полученные в процессе предварительных испытаний значения холодопроизводительности удовлетворительно согласуются с графическими зависимостями, представленными на рисунке, при соответствующих режимах работы холодильной машины.

Для оценки соответствия холодильной мощности машины в режимах испытаний и холодильной мощности по проекту технических условий выполнен ее пересчет на основе отношения [3]:

$$\frac{Q_{om.y.}}{\lambda_{m.y.} q_{vm.y.}} = \frac{Q_o}{\lambda q_v}, \quad (2)$$

откуда

$$Q_{om.y.} = Q_o \frac{\lambda_{m.y.} q_{vm.y.}}{\lambda q_v}, \quad (3)$$

где  $Q_{om.y.}$ ,  $Q_o$  – холодильная мощность, обеспечиваемая машиной в режимах, предусмотренных техническими условиями, и при рабочих режимах соответственно, кВт;  $\lambda_{m.y.}$ ,  $\lambda$  – коэффициент подачи компрессора в режимах, предусмотренных техническими условиями, и при рабочих режимах соответственно [4,5];  $q_{vm.y.}$ ,  $q_v$  – удельная объемная холодопроизводительность компрессора в режимах, предусмотренных техническими условиями, и при рабочих режимах соответственно, кДж/м<sup>3</sup>. Принимается по значениям энтальпии и удельного объема паров холодильного агента для соответствующих параметров холодильного агента.

В результате пересчета установлено, что холодильная мощность опытного образца машины при параметрах, соответствующих техническим условиям, составила 960 кВт. Допускаемое отклонение холодильной мощности машины 7% (70 кВт) [2].

Таким образом, холодильная мощность опытного образца холодильной машины удовлетворяет требованиям технического задания и проекта технических условий.

Мощность ( $N$ , кВт), потребляемая электродвигателем компрессорного агрегата при его работе, определялась по формуле

$$N = \sqrt{3}UI \cos \varphi, \quad (4)$$

где  $U$  – напряжение на клеммах электродвигателя компрессора, В;  $I$  – ток в цепи электродвигателя компрессора, А;  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности.

По результатам испытаний, мощность, потребляемая электродвигателем компрессора в режимах по таблице 2, составила 365-375 кВт.

## Выводы

Опытный образец шахтной холодильной машины с винтовым компрессором МХРВ-1 У5 мощностью 1 МВт холода удовлетворяет основным показателям назначения, предусмотренным техническим заданием на разработку и проектом технических условий, и рекомендован к поставке на шахту для проведения приемочных испытаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрегат компрессорный А900РВ-2-1. Руководство по эксплуатации А900РВ-2-1.00.00.00.РЭ.
2. Машина холодильная МХРВ-1. Программа и методика предварительных испытаний МХРВ-1.00.00.000ПМ.
3. Комаров Н.С. Справочник холодильщика. М., Машгиз, 1962.
4. Креймер Н.Г., Лотош Ю.Л. Испытания холодильных винтовых компрессорных агрегатов завода «Kühlaumat» и рекомендации по их эксплуатации. – Холодильная техника, 1975, №5, с.16-18.
5. Ионов А.Г. Кан А.В. Судовые холодильные установки с винтовыми компрессорами. – М., Пищевая промышленность, 1979.

УДК 622.817

Д-р техн. наук В.Г. Перепелиця,  
д-р техн. наук А.О. Яланський,  
д-р техн. наук Т.А. Паламарчук,  
канд. техн. наук А.Г. Заболотний  
(ІГТМ НАН України)

## **СПОСОБИ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЯВИЩ В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ НА БАЗІ ВИМІРЮВАНЬ РАДІАЦІЙНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ**

Рассмотрены способы оценки опасных явлений в сложных горно-геологических условиях на базе измерений радиационных излучений

## **METHODS WAYS OF THE DANGEROUS PHENOMENA ESTIMATION IN COMPOUND MINE-GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE BASIS OF RADIATING RADIATION'S MEASUREMENTS**

The ways methods of the dangerous phenomena estimation compound mine-geological conditions are considered on the basis of radiating radiation's measurements

Практика гірничих робіт показує, що методи та засоби контролю небезпечних гірничо-геологічних умов потребують свого подальшого удосконалення в напрямку вибору більш інформативних показників, а також підвищення надійності (виключення випадкових факторів) прийняття позитивного заключного рішення. Про це свідчать досить великі аварії з жертвами, що відбулися на шахтах світу, в тому числі і на шахтах Донбасу [1].

Досягнення фундаментальних наук (фізики, хімії, механіки руйнування та ін.), а також спостереження в шахтах показують, що процеси, які проходять в масиві і атмосфері виробки, супроводжуються виділеннями газу радону і про-