

УДК 621.514

**В.Н. Докукин, В.А. Пронин**

СПб НИУ ИТМО Институт холода и биотехнологий, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002

**СТЕНДЫ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИНТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАСЛОЗАПОЛНЕННЫХ КОМПРЕССОРОВ***В статье рассмотрены вопросы выбора схемы стенда для исследования холодильных винтовых маслозаполненных компрессоров.**Ключевые слова: Винтовой маслозаполненный компрессор—Экспериментальные стенды—Измерение холодопроизводительности***В.М. Докукін, В.О. Пронін,**

СПб НДУ ІТМО Інститут холоду та біотехнологій, вул. Ломоносова, 9, м. Санкт-Петербург, 191002

**СТЕНДИ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГВИНТОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАСЛОЗАПОВНЕНИХ КОМПРЕСОРИВ***У статті розглянуто питання вибору схеми стенда для дослідження холодильних гвинтових маслозаповнених компресорів.**Ключові слова: Гвинтовий маслозаповнений компресор—Експериментальні стенди—Вимірювання холодопродуктивності***V.N. Dokykin, V.A. Pronin,**

SPb ITMO Institute of refrigeration and food technologies, Lomonosova st., 9, Saint-Petersburg, 191002

**THE STANDS FOR EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF SCREW OIL-FLOODED REFRIGERATION COMPRESSORS***The selection of test rig scheme for the study of oil-flooded screw compressor were studied in the article.**Key words: Oil-flooded screw compressor—Test rigs—Measurement of cooling capacity***I. ВВЕДЕНИЕ**

При проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ направленных на исследование характеристик и отдельных узлов винтового маслозаполненного компрессора (ВКМ) с целью совершенствования существующих и создания новых образцов винтовых компрессоров возникает необходимость в экспериментальных (стендовых) испытаниях. Также, при проектировании холодильных машин и тепловых насосов [1] ряд характеристик ВКМ при теплотехнических расчетах принимают с некоторыми допущениями на основании опытных и теоретических данных, но при необходимости применения новой техники оказывается, что существующие данные недостаточно достоверны, и, следовательно, должны быть получены экспериментальные данные.

**II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В монографии [2] описывается стенд для испытаний винтового маслозаполненного компрессора. Технические характеристики стенда позволяют проводить исследования компрессора в широком диапазоне степеней повышения давления,

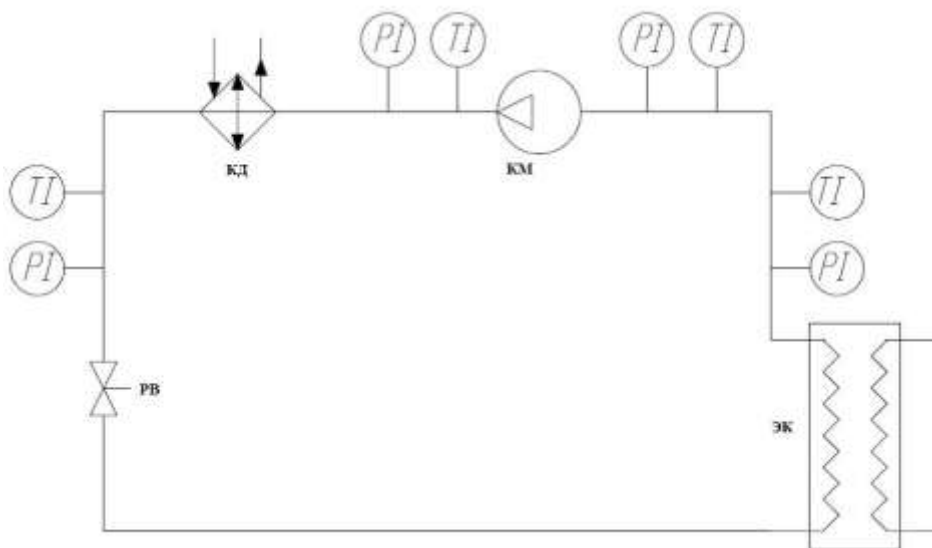
окружных скоростей, расходов масла на впрыск в полость сжатия. Измерять расход компримируемой среды в соответствии с ГОСТ [3, 4], кроме того, электрическая схема стенда и наличие мультипликатора позволяют осуществлять регулирование частоты вращения и корректное измерение эффективной мощности. Характерной особенностью ВКМ является наличие относительно большого количества масла впрыскиваемого в полость между винтами, а особенностью рабочего процесса является внутренний массообмен между сопряженными рабочими полостями. Тепло и массообмен между маслофреоновым раствором и паром хладагента, которые происходят в сопряженных полостях холодильных ВКМ не позволяет корректно пересчитывать характеристики полученные на воздухе на хладагенты, которые взаимно растворяются с маслом [5, 6]. Поэтому для определения характеристик холодильных ВКМ необходимо использовать схемы стендов с замкнутым циклом на реальных рабочих веществах, которые описаны ниже.

Способы определения характеристик ВКМ регламентируются ГОСТ [7, 8], положения которых в настоящее время являются рекомендательными, но ценными для научно-инженерных работников. Настоящие стандарты устанавливают

методы испытаний поршневых, винтовых и ротационных (с приводом от внешнего или встроенного электродвигателя) холодильных компрессоров холодопроизводительностью свыше 3.5 кВт. Необходимо отметить, что холодопроизводительность (массовый расход хладагента) компрессоров одноступенчатого сжатия нужно определять сочетанием двух методов. При этом один из методов считается основным, а второй – поверочным.

Рассмотрим схемы стендов для испытаний применительно к ВКМ.

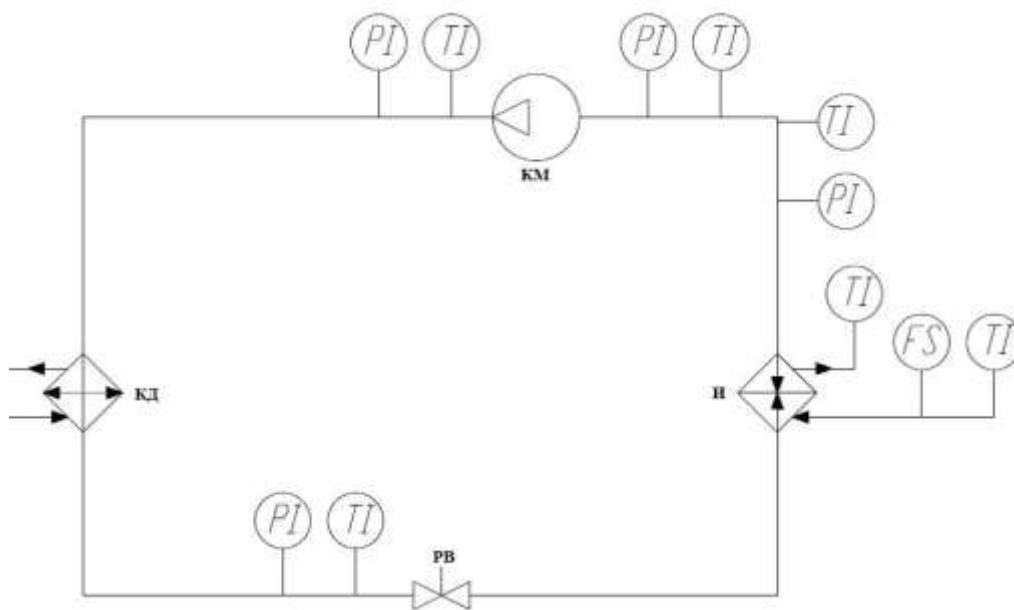
Метод электрокалориметра – А, представлен на рисунке 1. Теплоизолированный аппарат – электрокалориметр работает в качестве испарителя. Такой метод является предпочтительным для компрессоров холодопроизводительностью до 20 кВт. ВКМ даже малой производительности работают в области большей холодопроизводительности, таким образом, при испытаниях ВКМ применение данного метода исключено.



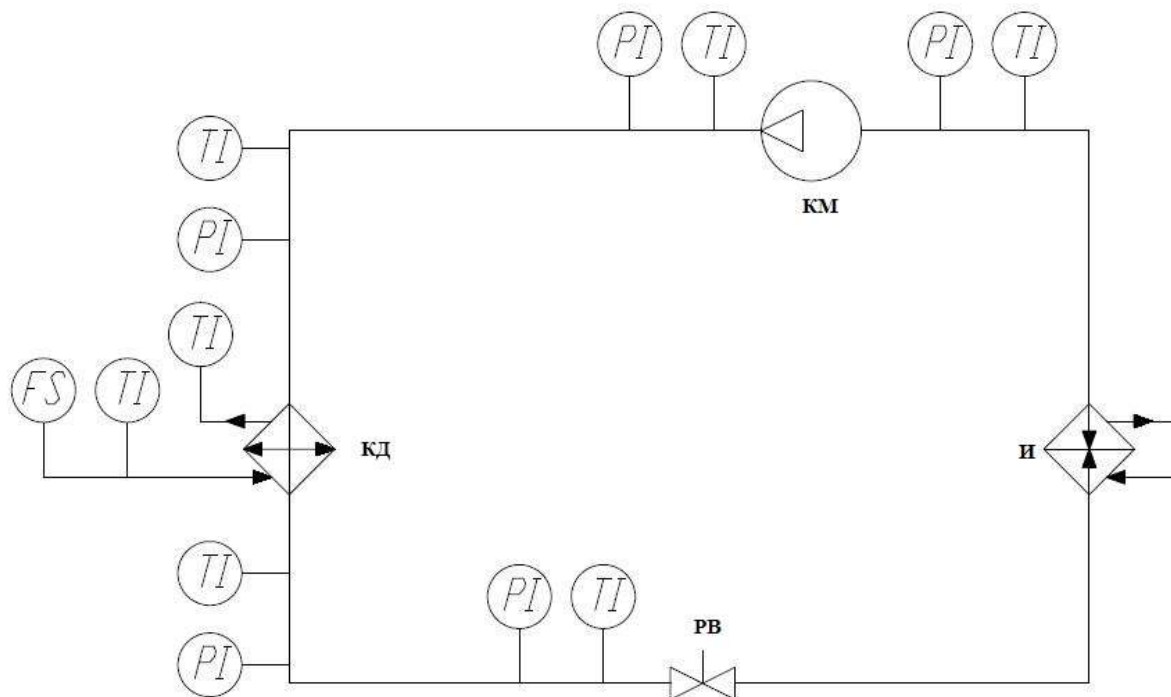
**Рисунок 1**–Принципиальная схема стенда по методу электрокалориметра:  
 KM–компрессор, KD–конденсатор, PB–регулирующий вентиль, ЭК – электрокалориметр

При испытании компрессора холодопроизводительность свыше 20 кВт в стандартном режиме метод В – испарителя (рисунок 2) и метод С – конденсатора с водяным охлаждением (рису-

нок 3), представляются экономически не целесообразными из-за высоких капитальных затрат на создание стенда.



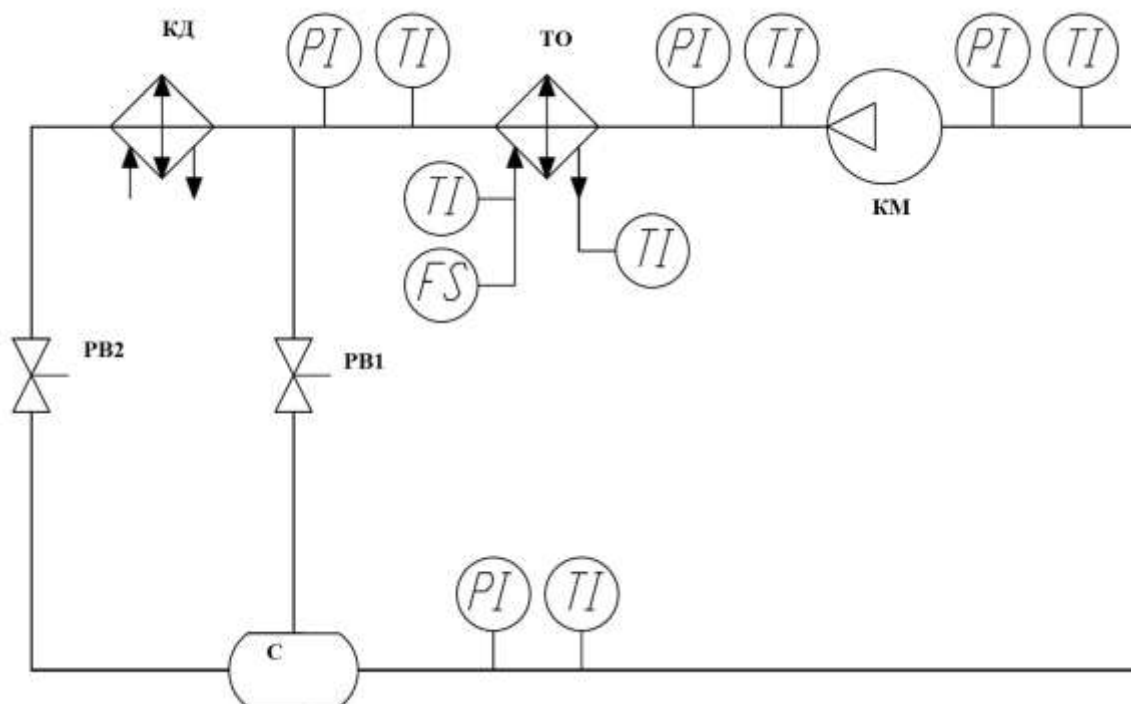
**Рисунок 2**–Принципиальная схема стенда по методу испарителя:  
 KM–компрессор, KD–конденсатор, PB–регулирующий вентиль, И – испаритель



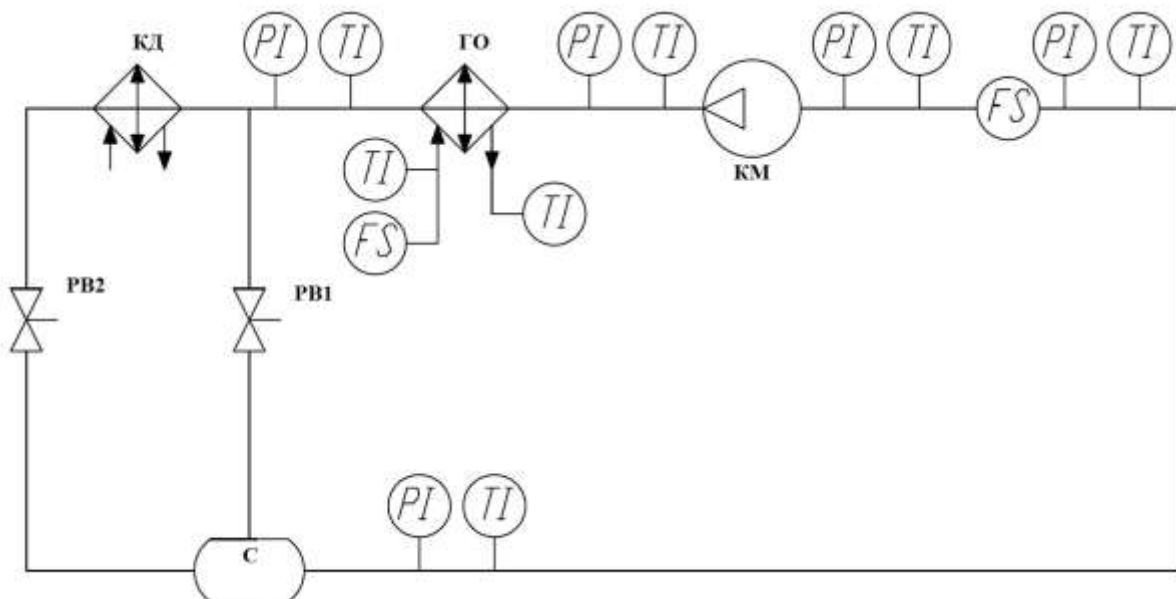
**Рисунок 3**—Принципиальная схема стенда по методу конденсатора с водяным охлаждением:  
 КМ—компрессор, КД—конденсатор, РВ—регулирующий вентиль, И – испаритель

Метод теплообменника на паровом кольце – D (рисунок 4) является хорошим поверочным способом измерения производительности и в сочетании с методом расходомера пара хладагента на нагнетании – E2 (рисунокб), является опти-

мальным сочетанием. Капитальные затраты в данном сочетании минимальны, т.к. обеспечивается возможность работы по «газовому кольцу» и в тоже время надежно работает расходомерхладагента.



**Рисунок 4**—Принципиальная схема стенда по методу теплообменника на паровом кольце:  
 КМ—компрессор, ТО – теплообменник, КД—конденсатор, РВ1—основной регулирующий вентиль,  
 РВ2—вспомогательный регулирующий вентиль, С – смеситель

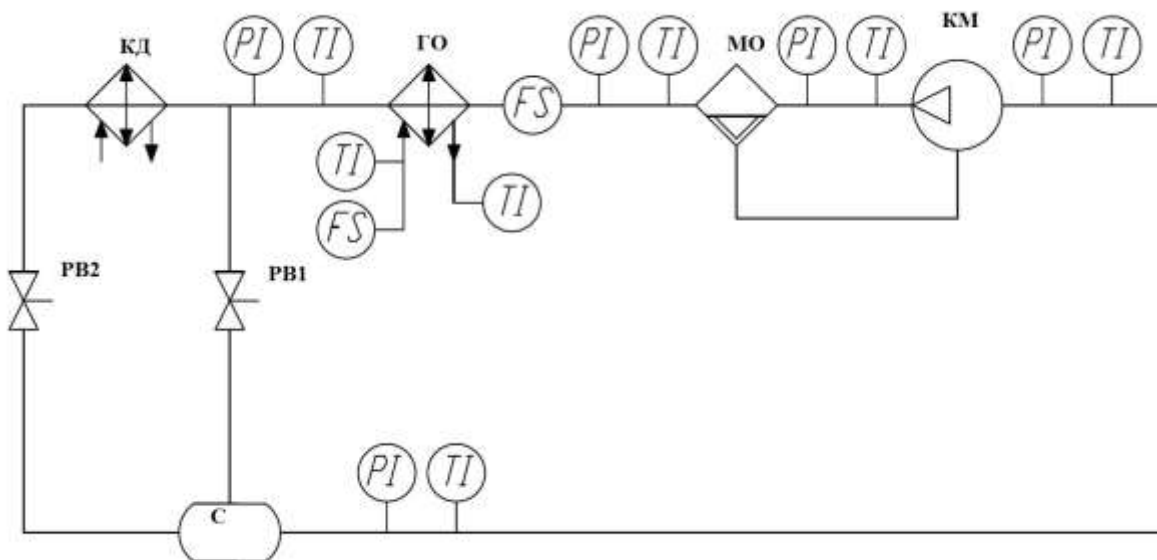


**Рисунок 5**–Принципиальная схема стенда по методу расходомера пара хладагента на всасывании в компрессор:

*КМ*–компрессор, *ГО* – газоохладитель, *КД*–конденсатор, *PB1*–основной регулирующий вентиль, *PB2*–вспомогательный регулирующий вентиль, *С* – смеситель

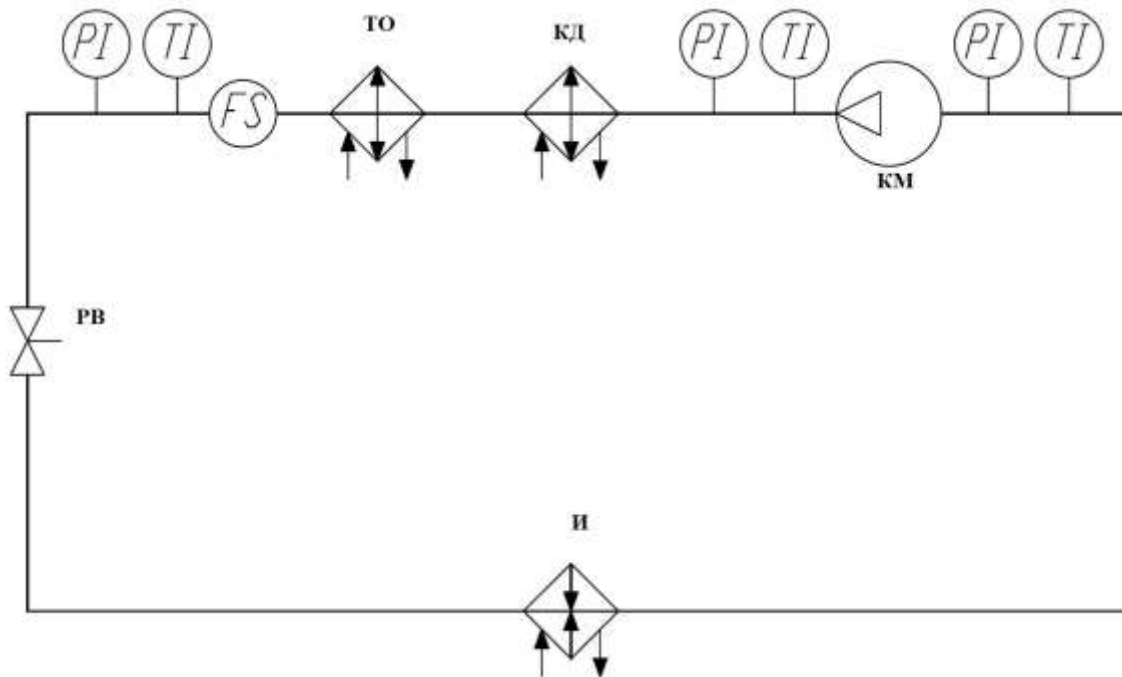
Метод расходомера пара хладагента на всасывании – Е1 (рисунок5), для обеспечения корректной работы расходомера требует надежного и достаточно высокого перегрева на всасывании, что не всегда соответствует режимам испытаний.

Измерение расхода жидкого хладагента по методу – F (рисунок7), в свою очередь, требует надежного переохлаждения жидкого хладагента (не менее 3°C) и высоких капитальных затрат на полную холодильную машину.



**Рисунок 6**–Принципиальная схема стенда по методу расходомера пара хладагента на нагнетании из компрессора:

*КМ*–компрессор, *МО* – маслоотделитель, *ГО* – газоохладитель, *КД*–конденсатор, *PB1*–основной регулирующий вентиль, *PB2*–вспомогательный регулирующий вентиль, *С* – смеситель



**Рисунок 7**–Принципиальная схема стенда по методу расходомера жидкого хладагента:  
 КМ–компрессор, КД–конденсатор, ТО – теплообменник, PB–регулирующий вентиль, И – испаритель

Мощность компрессоров со встроенным электродвигателем рекомендуется измерять на клеммах электродвигателя [7], но таким образом можно получить только электрическую мощность. Для определения эффективной мощности и КПД мы рекомендуем измерять перегрев пара рабочего вещества в обмотках электродвигателя, а затем, расчетным способом определять искомые величины [1].

У компрессоров с внешним приводом эффективную мощность рекомендуется измерять на валу компрессора [7], но в таком случае обязательно необходимо измерять и частоту вращения вала компрессора. Если невозможно измерить крутящий момент на валу, то допускается проводить измерения на клеммах электродвигателя.

Следует обратить внимание на то, что при экспериментальных исследованиях ВКМ в схему стенда необходимо включать систему маслоотделения, маслоохлаждения, приборы и устройства для определения расхода, температуры и давления масла. Причем, маслоохладитель необходимо использовать с водяным охлаждением, для обеспечения точности поддержания режима. Кроме того, использование водяного теплообменника позволяет косвенным способом, который зачастую является единственно возможным [9], – по балансу теплообменника определять расход масла и поверять показания масляного расходомера [10].

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, корректный выбор схемы в зависимости от производительности и режимов

работы холодильного ВКМ позволяет снизить капитальные затраты, повысить точность экспериментальных данных и сократить длительность эксперимента.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Холодильные машины / Под общей ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб.: Политехника, 2006. – 944 с.
2. Хисамеев, И.Г. Двухроторные винтовые и прямоугольные компрессоры: теория, расчёт и проектирование / И.Г. Хисамеев, В.А. Максимов - Казань: Фэн, 2000. - 638с.
3. ГОСТ 8.563.1-97 «Диафрагмы, сопла ИСА 1932 и трубы Вентури, установленные в заполненных трубопроводах круглого сечения. Технические условия».
4. ГОСТ 8.563.2-97 «Методика выполнения измерений с помощью сужающих устройств».
5. Докукин В.Н., Пронин В.А. Влияние компримируемой среды на силовые факторы, действующие в винтовом маслозаполненном компрессоре // Вестник международной академии холода: М - СПб., 2013, вып. 3. – с. 58-61.
6. Лавренченко Г. К., Рувинский Г. Я., Хмельнюк М. Г., Возный В. Ф. Энергетические характеристики циклов малой холодильной машины, работающей на R134a // Холодильная техника: М., 1990, №7. – с. 14-18.
7. ГОСТ 28547-90 «Компрессоры холодильные объемного действия. Методы испытаний».
8. ГОСТ Р 51360-99 (ИСО 917-89) «Компрессоры холодильные объемного действия. Методы испытаний».

9. Шамеко С.Л., Любимов А.Н., Гаман Е.В. Получение газодинамических характеристик многоступенчатой проточной части ЦКМ при изменившихся условиях работы // Вестник Международной Академии Холода. №1-2011, с.26-30.

10. Докукин В.Н. Испытание винтового маслозаполненного компрессора в режиме теплового насоса. Тр. XV Междунар. науч.-тех. конф. по компрессорной технике / ЗАО «НИИ турбокомпрессор им. В. Б.Шнеппа». – Казань, 2011. – Т. 1. – с. 74-81.

#### REFERENCES

1. Holodilnye mashyny/ Pod obshchei red. L.S. Timofieievskogo. – SP.: Politehnika, 2006. – 944 с.

2. Hisameev, I.G. Dvuhrotornyye vintovyye i pryamozubyie kompressoryi: teoriya, raschyot i proektirovanie / I.G. Hisameev, V.A. Maksimov - Kazan: Fen, 2000. – 638s.

3. GOST 8.563.1-97 «Diafragmyi, sopla ISA 1932 i trubyy Venturi, ustanovlennyye v zapolnennyih truboprovodah kruglogo secheniya. Tehnicheskie usloviya».

4. GOST 8.563.2-97 «Metodika vyipolne-niya izmeneniy s pomoshchyu suzhayuschih ust-roystv».

5. Dokukin V.N., Pronin V.A. Vliyaniye komprimirovannykh sredy i nasilovyye faktory, deystviye uschiev-

vintovommaslozapolnennomkompressore // Vestnik-mezhdunarodnoy akademii holoda: M - SPb., 2013, vyip. 3. – s. 58-61.

6. Lavrenchenko G. K., Ruvinskiy G. Ya., Hmelnyuk M. G., Voznyiy V. F. Energeticheskie karakteristiki tsiklov maloy holodilnoy mashiny, rabotayushchey na R134a // Holodilnaya tehnika: M., 1990, №7. – s. 14-18.

7. GOST 28547-90 «Kompressoryi holodilnyie ob'emnogodeystviya. Metodyi ispytaniya».

8. GOST R 51360-99 (ISO 917-89) «Kompressoryi holodilnyie ob'emnogodeystviya. Metodyi ispytaniya».

9. Shameko S.L., Lyubimov A.N., Gaman E.V. Poluchenie gazodinamicheskikh karakteristik mnogostupenchatoy protochnoy chasti TsKM pri izmenivshisya usloviyah raboty // Vestnik Mezhdunarodnoy Akademii Holoda. №1 – 2011, s.26-30.

10. Dokukin V.N.

Ispytaniye vintovogo maslozapolnennogo kompressorav rezhime teplovogo nasosa. Тр. XV Mezhdunar. nauch.-teh. konf. po kompressornoy tehnike / ЗАО «НИИ турбокомпрессор им. В. Б.Шнеппа». – Казань, 2011. – Т. 1. – с. 74-81.

---

Получена в редакции 12.09.2013, принята к печати 14.10.2013