Системы контроля циркуляции масла в компрессорах Битцер

Важнейшим фактором, определяющим надёжность и долговечность работы холодильного компрессора, является штатная циркуляции масла как внутри него, так и по холодильному контуру, а также нормальное функционирование системы её контроля.

Разного рода сбои такой циркуляции приводят к серьёзным повреждениям внутренних элементов: подшипников, шеек шатунов, рабочих поверхностей поршней и цилиндров у поршневых компрессоров, подшипников качения, уплотнений, рабочих поверхностей винтовых профилей и стенок камер сжатия у винтовых компрессоров. При недостатке масла возрастает трение в указанных узлах, перерастающее в чрезмерную дополнительную нагрузку на электромотор и, в конечном итоге, к его возможному выходу из строя. Таким образом, система контроля циркуляции масла компрессорах является одной из важнейших в комплексах управления холодильных установок, особенно имеющих сложную и разветвлённую структуру холодильного контура, а также в которых в процессе работы происходят изменения давления и температуры всасываемых паров.

Одним из главных признаков стабильной циркуляции масла по системе в установке с поршневыми компрессорами является постоянное наличие необходимого количества масла в картерах компрессоров. В малых холодильных установках с одним компрессором надёжная циркуляция масла обеспечивается правильной компоновкой агрегатов и прокладкой корректно рассчитанных трубопроводов. Точная настройка перегрева всасываемых паров (> 7K) и применение различных защит компрессора от влажного хода и перегрузок - TPB с точкой MOP, либо клапан, жёстко ограничивающий давление на всасывании и в картере поршневого компрессора, вполне достаточны для обеспечения надёжной циркуляции масла. Более того, многие ведущие европейские производители холодильных систем не включают в состав небольших среднетемпературных установок с централями, состоящими из нескольких малых поршневых компрессоров Битцер серий Октагон C1, C2 и C3, ни маслоотделителей, ни регуляторов уровня масла в картерах, ни соединительных линий выравнивания давления газа и уровней масла в картерах компрессоров централи. В этих установках один только правильно подобранный симметричный всасывающий коллектор обеспечивает оптимальное распределение масла по всем компрессорам.

Но и в многокомпрессорных централях большой производительности, включающих в себя даже и двухступенчатые поршневые компрессоры, вполне возможно обеспечить их надёжное снабжение маслом только за счёт специальных всасывающих и промежуточных коллекторов. Прекрасный пример такой компоновки холодильных систем можно увидеть в централях компании Linde. Циркулирующее по контуру масло в этих установках надёжно возвращается в компрессоры при любых штатных режимах работы и количеством работающих компрессоров централи.

Низкотемпературная централь фирмы Linde с двухступенчатыми компрессорами Битцер S6F-30.2

Но, если опытные разработчики холодильных установок сомневаются в надёжности возврата масла из сильноразветвлённого контура и пропорционального распределения его по работающим компрессорам только за счёт специального всасывающего коллектора, то в их распоряжении имеются устанавливаемые на линии нагнетания индивидуальные или общие маслоотделители, а также системы маслораспределения, включающие в себя масляные ресиверы высокого и низкого давления, а также механические (поплавковые) или электронные регуляторы уровня масла в картерах компрессоров.

Не менее важным фактором надёжности и долговечности компрессоров является контроль его внутренней циркуляции масла, которое в процессе работы компрессора под действием его маслонасоса или вращающегося динамического элемента подаётся к узлам трения для их смазки и охлаждения. В настоящей статье рассмотрены типовые устройства, обеспечивающие этот контроль в поршневых и винтовых компактных компрессорах Битцер.

Как уже было сказано, наибольшее беспокойство за надёжную циркуляцию масла как внутри компрессоров, так и по холодильному контуру, вызывают большие установки с компрессорами большой производительности.

Поршневые полугерметичные и открытые компрессоры Битцер имеют в своём составе встроенный шестерёнчатый маслонасос с прямым приводом от электромотора через коленчатый или эксцентриковый вал. При работе компрессора маслонасос создаёт напор 1,4…3,5 бар относительно давления в картере, за счёт которого масло протекает по всем

внутренним каналам коленчатого вала сложной геометрии, поступает к узлам трения, а также в специальный струйный насос в картере (патент Битцер) для инжекции масла из моторного отсека компрессора. Затем из эжектора масло сливается в картер, откуда опять забирается маслонасосом. Таким образом, осуществляется циркуляция масла внутри поршневого компрессора с маслонасосом.

Для непрерывного мониторинга этой циркуляции масла путём контроля напора, создаваемого маслонасосом, компания Битцер в настоящее время предлагает два типа дифференциальных реле: электромеханическое MP54/MP55A и электронное "Delta PII".

Электромеханическое реле перепада давления масла MP 54 и MP 55A

Электромеханическое дифференциальное реле давления данного типа представляет собой отдельный узел, включающий в себя масляный прессостат, контролирующий разность давлений от подводимых к нему с разных сторон по соединительным трубкам масла из полости низкого и высокого давления маслонасоса.

Реле MP54 применяется для обычных фторсодержащих хладагентов, и масло к нему может подаваться как по металлическим, так и по пластиковым трубкам. А реле MP 55A применяется для аммиака, и масло к нему может подаваться только по стальным трубкам.

Присоединение для трубки высокого давления масла обозначено знаком "+" на крышке подшипникового узла и соединяется со штуцером "OIL" на реле MP 54 и MP 55A (сторона высокого давления). Присоединение для трубки низкого давления масла обозначено знаком "-" на крышке подшипникового узла и соединяется со штуцером "LP" на реле (сторона низкого давления).

Корпус реле может располагаться, как непосредственно на компрессоре, так и на отдельном выносном щитке в многокомпрессорных установках.

Непосредственно в корпусе реле MP 54 и MP 55A находится и электрическая часть в виде выключателей, а также кнопка "Reset". С её помощью производится сброс аварийного выключения компрессора этим реле, которое происходит после 90- секундной задержки после начала аварийного режима - либо при падении напора маслонасоса ниже 0,7 бар, либо при понижении давления масла в картере, т.е. на входе в маслонасос (оно же давление всасывания) ниже чем 0, 4 бар. Повторное включение реле после нажатия кнопки сброс произойдёт при напоре маслонасоса 0,2 бар.

В случае аварийного выключения компрессора реле MP 54 и MP 55A обслуживающим холодильную установку специалистам следует внимательно проанализировать причину такого выключения и устранить все факторы, негативно влияющие на внутреннюю и внешнюю циркуляцию масла, прежде чем нажать на кнопку "Reset".

Поршневые компрессоры Битцер уже исторически оснащаются электромеханическими дифференциальными реле давления масла MP 54 и MP 55A с момента появления полугерметичных и открытых компрессоров с маслонасосами "поколения.1" и "поколения .2". За уже очень долгие годы применения реле данного типа зарекомендовали себя, как очень надёжные и недорогие устройства для проведения постоянного контроля внутренней циркуляции масла в поршневых компрессорах.

Электронное реле перепада давления масла "Delta P" и "Delta PII"

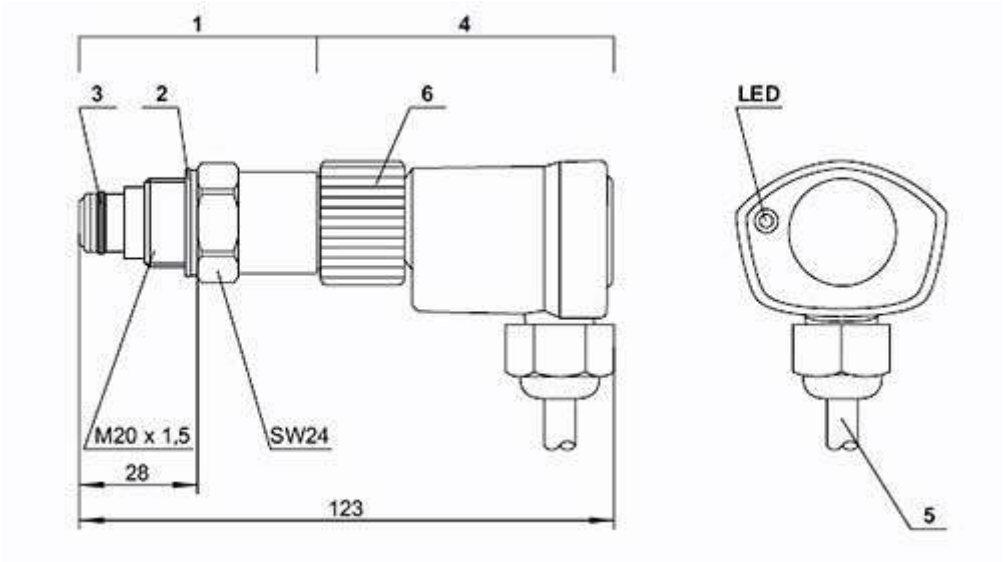
Дифференциальное реле давления масла "Delta P" является альтернативным решениям электромеханическому реле MP54. В отличие от MP54 для подключения реле "Delta P" не требуется подводить трубки с низким и высоким давлением масла, что повышает надёжность холодильной установки вследствие отсутствия риска утечек масла и хладагента при повреждениях подводных масляных трубок. В этих реле преобразование низкого и высокого давления масла в электрические сигналы происходит в компактном блоке, монтируемом непосредственно в переднюю крышку поршневого компрессора с маслонасосом.

Delta P

Выходящие из корпуса реле провода подключаются к цепи системы управления холодильной установки.

За последние годы фирмой-производителем реле "Delta P" была проведена его модернизация. Для повышения надёжности работы этого устройства с его корпуса была удалена кнопка "Reset" и перенесена в щит управления установкой. Модернизированное реле имеет обозначение "Delta PII".

Электронные дифференциальные реле давления масла имеют сходную конструкцию и состоят из двух сопрягаемых элементов:

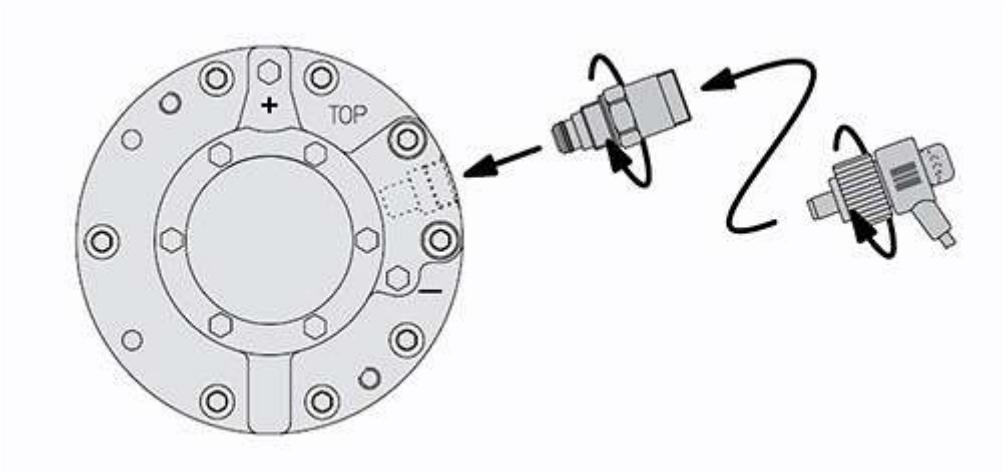


Delta PII

Узел замера давления, поз. 1, включающий в себе два датчика-трасдьюсера высокого и низкого давления масла. Данный узел ввинчивается на крышку переднего подшипникового узла компрессора, т.е. прямо в корпус его маслонасоса. Его встроенные датчики соединены через каналы с полостями низкого и высокого давления маслонасоса.

Электронный блок, поз. 4, преобразующий сигнал от датчиков. Данный блок при монтаже реле непосредственно навинчивается на узел с датчиками давления, и может поворачиваться вокруг своей оси на 360о.

Такая конструкция этого реле и последовательность его монтажа позволяет производить монтаж и демонтаж электронного блока реле без вмешательства в холодильный контур. Кроме того, полностью отпадает необходимость во внешних соединительных масляных трубок и в выступающих присоединительных штуцерах.



Монтаж Delta-P

Функции электронных дифференциальных реле давления масла "Delta P" и "Delta PII" аналогичны MP54. Они предназначены для работы с фторсодержащими хладагентами.

Реле активизируется при подаче на него напряжения через вспомогательный контакт контактора включения компрессора. Красный сигнал индикатора (LED), расположенного на корпусе электронного блока реле загорается сразу после пуска компрессора, т.о. предупреждает о низком перепаде давлении масла. По мере выхода компрессора на расчётный режим, т.е. когда перепад давления его маслонасоса достигает заданных параметров, индикатор гаснет.

В случае падения напряжения питания реле Delta PII, при плохой стыковке узла датчиков и электронного блока, а также при его неисправности индикатор включается в проблесковом режиме. Такая световая индикация позволяет обслуживающим установку специалистам визуально определить текущее состояние реле и самого компрессора.

Выходной контакт реле остается замкнутым если перепад давления масла достигнет или превысит минимальный допустимый перепад давлений 0,65 бар.

Если перепад давления масла опускается ниже 0,65 бар дольше чем на время задержки 90 сек. реле Delta P размыкает выходной контакт, т.е. выключает компрессор и блокируется механически.

Снять блокировку с реле перепада давления масла можно:

Delta P - спустя 3 мин. нажатием кнопки "Reset" на корпусе реле,
Delta PII - сразу нажатием на 5 сек. кнопки "Reset" в щите управления установки.

Встроенный в электронный блок реле микропроцессор регистрирует даже кратковременное понижение уровня давления масла во время работы. Этот фактор также приводит к выключению компрессора по истечении соответствующего времени задержки на набор давления масла (время интеграции).

В недавно обновлённой официальной технической информации Битцер KT-170-6 "Oil Pressure Monitoring" даны детальные указания по монтажу дифференциальных электромеханических реле MP54/MP55A и электронных "Delta P" и "Delta PII" на поршневые компрессоры Битцер с маслонасосом, а также приведены принципиальные схемы электрических подключений.

Оптоэлектронный прибор OLC-K1

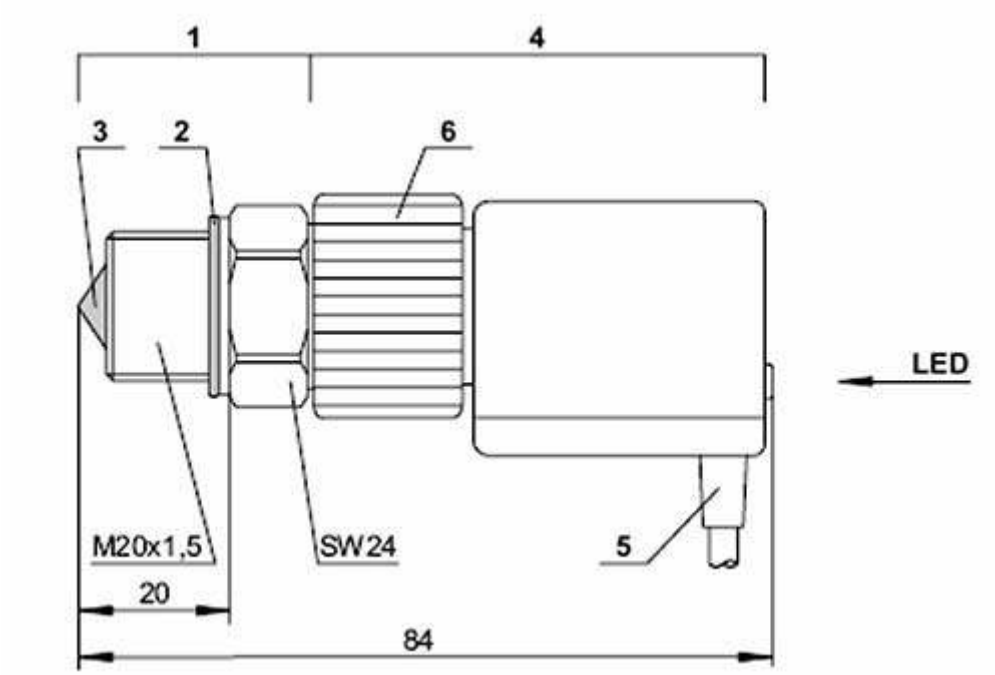
В поршневых компрессорах Битцер серии Octagon C1…C4 внутренняя циркуляция масла поддерживается не за счёт работы маслонасоса, создающего необходимый напор масла, а за счёт динамического воздействия на масло закреплённого на валу вращающегося элемента. Этот элемент представляет собой либо стальной диск или сектор диска, который вращаясь вместе с валом компрессора, подхватывает масла со дна картера и его подбрасывание под верхний свод корпуса компрессора, откуда масло стекает в масляный карман на внутренней поверхности передней торцевой крышки компрессора.

Так упростить систему внутренней циркуляции масла позволила и специально оптимизированная форма валов компрессоров Битцер серии Octagon C1…C4. Эти валы, называемые эксцентриковыми, имеют не коленчатую форму, а строгую цилиндрическую с двумя дисками, расположенными на валу с эксцентриситетами. На образующие этих дисков-эксцентриков устанавливаются большие кольца шатунов. В центре такого

эксцентрикового вала имеется прямолинейный длинный осевой канал, в который перетекает масло из масляного кармана в торцевой крышки компрессора при его работе. К узлам трения компрессора: подшипникам и шейкам шатунов масло подаётся через радиальные отверстия в эксцентриковом вале, изготовленные в месте рабочих поверхностей подшипников и шеек шатунов под действием центробежных сил.

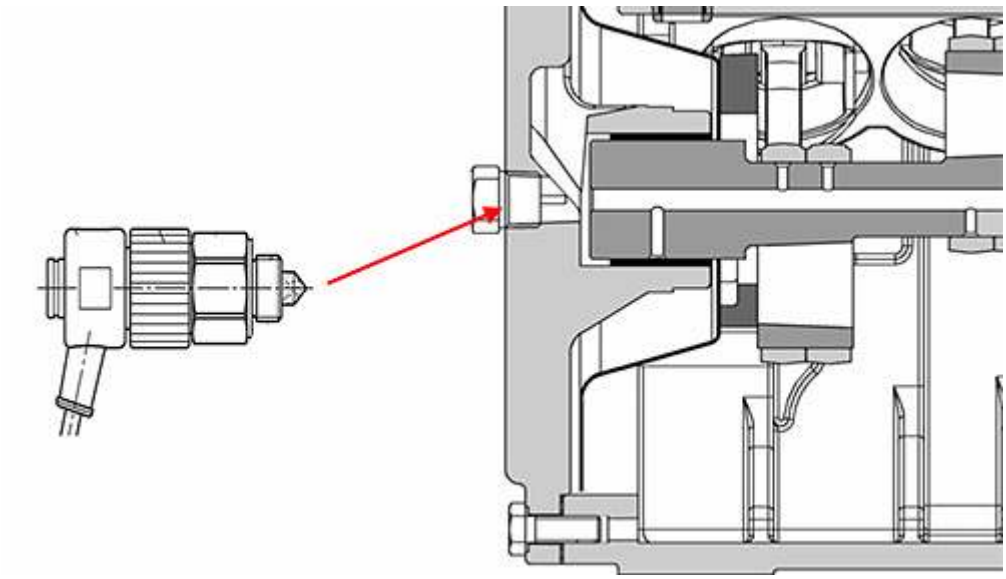
Таким образом, в компрессорах Битцер серии Octagon C1…C4 внутренняя циркуляция масла эффективно поддерживается без создаваемого перепада давления масла. Это делает невозможным её мониторинг с помощью дифференциальных реле давления типа MP54 или "Delta P".

С учётом пожеланий крупнейших европейских OEM-компаний, использующих в своих установках главным образом поршневые компрессоры Битцер серии Octagon C3 и C4, был разработан специальный оптоэлектронный прибор, контролирующий наличие масла в центральном канале эксцентрикового вала при работе компрессора.



OLC-K1

Внешне этот прибор, имеющий обозначение OLC-K1, напоминает "Delta PII". Он также состоит из двух стыкуемых элементов: оптоэлектронного сенсора и электронного блока. Его монтаж на компрессор аналогичен монтажу "Delta PII", только OLC-K1 ввинчивается в резьбовое отверстие, выполненное в центре передней торцевой крышки. Таким образом обеспечивается полное совпадение оптической оси датчика OLC-K1 и геометрической оси центрального канала эксцентрикового вала.



Монтаж OLC-K1

Прибор OLC-K1 эффективно контролирует внутреннюю циркуляцию масла в компрессоре, обеспечивая его постоянную защиту. Прибор информирует о состоянии масла в компрессоре, как световым сигналам светодиода, расположенного непосредственно на его корпусе, так и выдавая соответствующие сигналы в общую систему управления холодильной установки.

OLC-K1 фото 1

OLC-K1 фото 2

В недавно обновлённой официальной технической информации Битцер КТ-180-3 "Oil Level Control OLC-K1" даны детальные указания по монтажу оптоэлектронных приборов OLC-K1 на поршневые компрессоры Битцер серии Octagon C3 и C4, а также приведены принципиальные схемы электрических подключений.

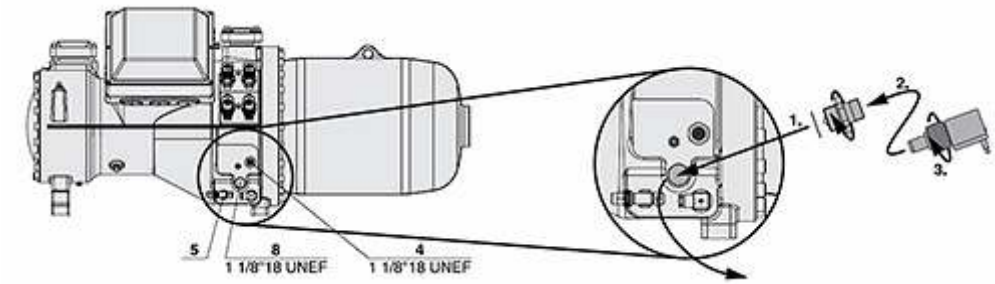
Оптоэлектронный прибор OLC-S1

Аналогичный оптоэлектронный прибор, имеющий обозначение OLC-S1 применяется также и в винтовых компактных компрессорах Битцер серий CSH/CSW для контроля уровня масла в маслоотделителе.

Контроль внутренней циркуляции масла в компрессорах этой серии, как во время пуска и останова, так и во время их работы на устойчивом режиме является не менее важной оперативной диагностической процедурой, обеспечивающей безопасность компрессора и надёжную работу всей холодильной установки. Такой контроль особенно необходим при параллельном подключении винтовых компактных компрессоров в одну централь большой производительности. Без него невозможно обеспечить пропорциональное распределение масла по работающим в централи винтовым компактным компрессорам.

Прибор OLC-S1 также аналогичен по конструкции приборам OLC-K1 и "Delta PII". Он также состоит из двух стыкуемых элементов: сенсорного узла и электронного блока, на торцевой поверхности которого также располагается светодиод LED, индицирующий своим сигналом состояние отслеживаемого прибором OLC-S1 уровня масла.

На последних модификациях компактных винтовых компрессоров Битцер серий CSH/CSW предусмотрена возможность устанавливать приборы OLC-S1 вместо традиционных поплавковых датчиков уровня масла, причём не один, а два на компрессор. Конструкция компрессоров CSH/CSW позволяет установить на один компрессор два прибора OLC-S1 для контроля максимального и минимального уровня масла.



[center]
Монтаж приборов OLC-S1: 4. место установки прибора для контроля максимального уровня масла (вместо смотрового глазка), 5. сервисный масляный вентиль, 8. место установки прибора для контроля минимального уровня масла

Специфика конструкции компактных винтовых компрессоров Битцер серий CSH/CSW, у которых горизонтальный маслоотделитель интегрирован с полугерметичным компрессором в один агрегат, обуславливает значительные колебания уровня масла при пуске компрессоров, а также при их выключении. Обуславливается эта особенность тем, что масло, при работе винтового компактного компрессора находится в его маслоотделителе, из которого под действием разности давлений всасывания и нагнетания поступает в гидропривод золотника-регулятора производительности, впрыскивается в профили винтов для динамического уплотнения функциональных зазоров, а также подаётся в подшипниковые камеры низкого давления.

При выключении компрессора закрывается обратный клапан, расположенный в маслоотделителе сразу под запорным вентилем на нагнетании, и весь объём газа высокого давления находящегося в маслоотделителе перетекает во всасывание до полного выравнивания давлений. При этом перетекании происходит кратковременное раскручивание винтовых профилей в обратном направлении с характерным для этого звуком. Кроме того, благодаря этому же перетеканию газа происходит и вынос масла из маслоотделителя в моторный отсек, т.е. уровень масла в маслоотделителе значительно понижается при выключении компрессора.

При последующем пуске компрессора масло выносится из моторного отсека всасываемыми парами и его уровень в маслоотделителе поднимается на расчётный уровень.

Иногда этот эффект смущает специалистов холодильных компаний, которые в первый раз в своей практике запускают установку с компактным винтовым компрессором. Ещё раз обращаем внимание на то, что при проведении выпускных испытаний на объёмную производительность, которые в обязательном порядке проходят все компрессоры Битцер на всех заводах-изготовителях компрессоров, уровень масла падает при выключении компрессора, и потому, возможно, не виден в глазке абсолютно нового компрессора. Не следует сразу же доливать масло в маслоотделитель. Избыток масла может не меньше навредить компактному винтовому компрессору, чем его недостаток! Контроль масла следует проводить только у работающего компрессора, через несколько минут после его запуска.

Возможность контроля как минимального, так и максимального уровня масла делает общий мониторинг холодильной установки с винтовым компактным компрессором более наглядным, позволяющим обезопасить компрессор при любых его нештатных режимах работы.

В недавно выпущенной официальной технической информации Битцер ST-130-1 "Opto-electronical Oil Level Monitoring for CS. Compressors" даны детальные указания по монтажу оптоэлектронных приборов OLC-S1 на винтовые компактные компрессоры Битцер серий CSH/CSW, а также приведены принципиальные схемы электрических подключений.

Корнивец Дмитрий
(Представитель Битцер СНГ в Санкт-Петербурге)