

Многокомпрессорные холодильные агрегаты – проблемы распределения масла

**В.В.ШИШОВ,
Е.В.ФУРСОВ**
МГТУ им.Н.Э.Баумана

В настоящее время в торговых залах площадью свыше 500 м² используют, как правило, централизованные системы холодоснабжения.

Широкое распространение получают при этом многокомпрессорные холодильные агрегаты (МХА) с несколькими параллельно подключенными компрессорами.

Бурное развитие МХА связано с рядом их достоинств, таких, как:

- возможность увеличения холодопроизводительности установки с небольшими компрессорами (полугерметичные и герметичные компрессоры могут обеспечить холодопроизводительность 150 кВт);
- хорошие регулировочные свойства и надежность в работе;
- увеличение срока службы (из-за равномерного распределения нагрузки на компрессоры);
- снижение расходов на вентиляцию и кондиционирование (теплота конденсации не выбрасывается в торговый зал);
- уменьшение длины трубопроводной сети.

Как правило, МХА обслуживают объекты с одним режимом охлаждения. Однако существуют МХА (так называемые сателлитные) для нескольких температурных режимов, например для среднетемпературного и низкотемпературного охлаждения.

Основной трудностью при эксплуатации МХА, как и прежде, остается распределение масла между компрессорами.

ЦИРКУЛЯЦИЯ КОМПРЕССОРНОГО МАСЛА. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТРУБОПРОВОДОВ

Особенностью фреоновых холодильных систем является применение масел, взаиморастворимых с хладагентом, что позволяет решить проблему их циркуляции (возврат масла из системы в картер компрессора) без приборов автоматики. Однако на линиях всасывания и нагнетания, где хладагент и масло имеют разные агрегатные состояния, возможна задержка масла.

С предприятия-изготовителя МХА поставляются с заполненными маслом компрессорами. Как правило, этого количества масла недостаточно, поэтому перед первым пуском в эксплуатацию его следует долить, учитывая при этом, что избыток масла отрицательно влияет на работу компрессоров и теплообменников.

Общее количество масла, которое следует залить в систему, в значительной мере зависит от протяженности трубопроводов. Ориентировочный объем масла, превышающий объем заполнения картера, маслоотделителя и т.д., составляет ~3–5% от количества залитого хладагента (R22). При использовании сложносэфирных масел этот объем равен ~2–4%. Масло, как правило, доливают при работающей установке.

В установках с одним компрессором при правильно подобранных трубопроводах возврат масла в компрессор не составляет проблем, так как скорость пара на отдельных участках трубопровода практически не изменяется. Задача решается укладкой трубопроводов с уклоном в сторону движения хладагента, расположением испарителя выше компрес-

сора, а также устройством масляных петель на вертикальных участках трубопровода и высокой скоростью движения парообразного хладагента (рис. 1).

Для того чтобы обеспечить циркуляцию масла, вертикальные участки трубопровода должны быть меньших диаметров, чем подводящий трубопровод. Потерями давления на этих участках можно пренебречь из-за их малости.

Диаметр трубопровода линии всасывания рассчитывают на минимально возможный расход хладагента при минимальной температуре кипения и максимальной температуре конденсации. Чтобы гарантировать возврат масла в компрессор, в линии всасывания скорость газа должна составлять минимум 4 м/с для горизонтальных и 8...12 м/с для вертикальных участков. Увеличение скорости газа более 12 м/с приводит к высокому уровню шума и возникновению значительных перепадов давления, которые уменьшают производительность установки.

Горизонтальный участок линии всасывания должен иметь уклон в сторону всасывающего коллектора ~0,5%,



Рис. 1. Конструктивные элементы, обеспечивающие циркуляцию масла в холодильной системе

ди 5 мм на 1 м длины. Вертикальный трубопровод длиной более 6 м должен быть разбит на участки по 4 м каждый с U-образными ловушками для масла на каждом участке.

Чтобы масло не скапливалось в системе, ловушки делают максимально короткими. При подключении компрессора масло постепенно вытекает в его направлении. В компрессор может попасть слишком много масла, что при определенных условиях приведет к возникновению неисправностей.

Скорость газа во всасывающих трубопроводах системы может значительно меняться вследствие изменения числа работающих компрессоров при колебаниях тепловой нагрузки. Важно обеспечить гарантированный возврат масла в компрессор при любых нагрузках. Поэтому трубопроводы часто разделяют на несколько параллельных ветвей с различными диаметрами. Например, применяют двойной вертикальный трубопровод (рис. 2).

Всасывающий коллектор необходимо размещать как можно ближе к компрессорам (Maneurop) [1]. Трубопроводы между коллектором и компрессорами должны иметь гасители вибрации, входить внутрь коллектора и иметь срез под углом 60°, что обеспечивает высокую скорость газа на входе в трубу и улучшает возврат масла, когда его уровень в коллекторе возрастает (рис.3).

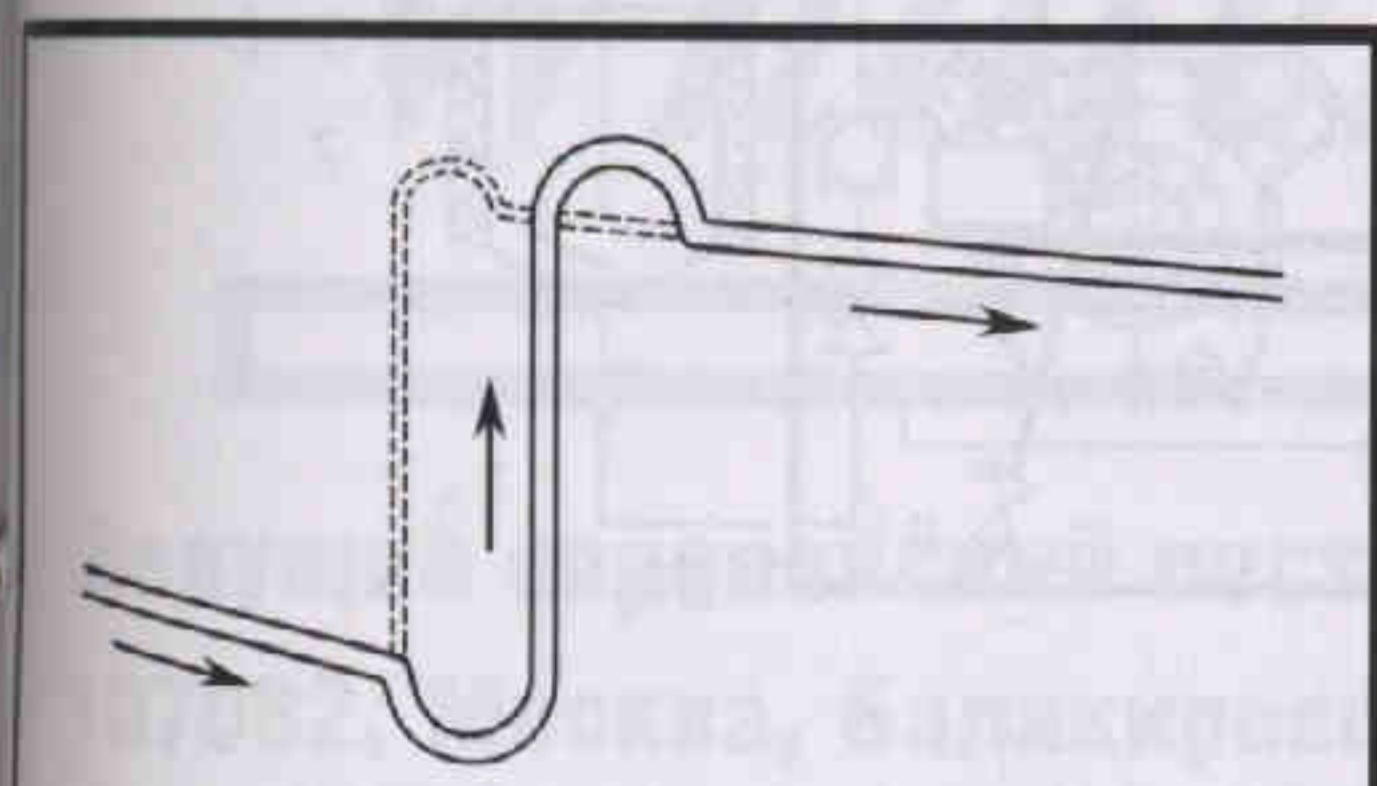


Рис. 2. Двойной вертикальный трубопровод

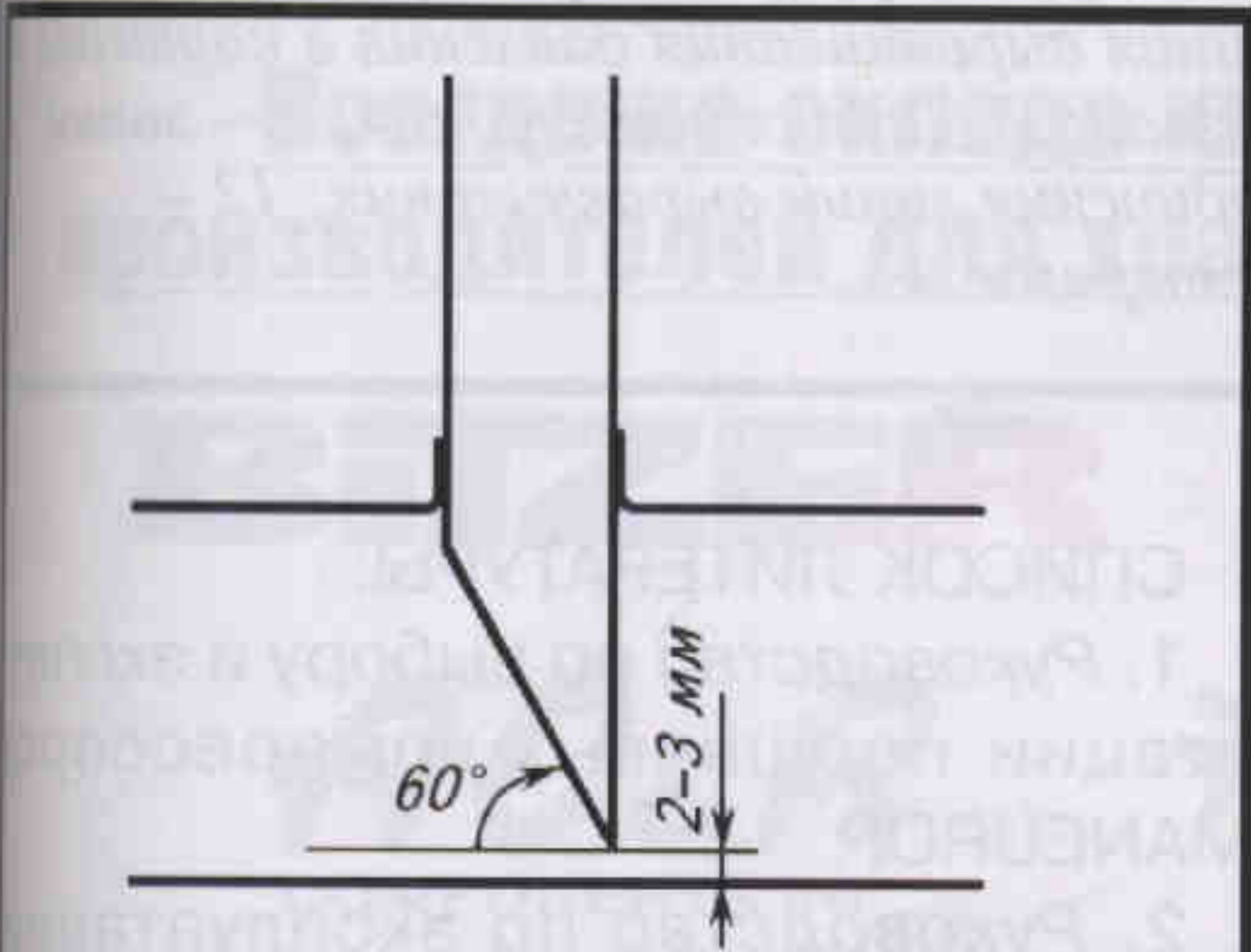


Рис. 3. Конструктивное выполнение трубопроводов между всасывающим коллектором и компрессором

Для надежной работы многокомпрессорной установки необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- всасывающие коллекторы должны быть горизонтальными;
- максимальная скорость газа во всасывающих коллекторах должна составлять 4 м/с;
- всасывающие трубопроводы и коллекторы должны быть теплоизолированы, чтобы перегрев всасываемого газа был минимальным.

ВЫРАВНИВАНИЕ УРОВНЯ МАСЛА

Выравнивание уровня масла в компрессорах – наиболее важный вопрос для МХА. Фирма Maneurop рекомендует для выравнивания уровня масла:

- систему с уравнительным трубопроводом (УТ), которая применяется при соединении до трех компрессоров одинаковой производительности;
- систему с регуляторами уровня масла (РУМ) для установок с четырьмя и более компрессорами.

Система с УТ (рис. 4). Эта весьма простая система основана на соединении картеров компрессоров общей линией распределения – УТ с помощью штуцеров на корпусе компрессора. Она обеспечивает равномерное распределение и одинаковый уровень масла в картере каждого компрессора. Необходимо, чтобы давление в картере всех компрессоров было одинаковым, иначе распределение масла по компрессорам будет неравномерным (при разнице давлений в картерах всего в 0,001 бар уровни масла не совпадают на 1,1 см). Для этого всасывающий коллектор должен иметь абсолютно симметричную форму, а трубопроводы, идущие от коллектора к каждому компрессору, должны быть короткими и одинаковыми.

При монтаже УТ необходимо соблюдать следующие правила:

• УТ должны лежать в горизонтальной плоскости, не выше уровня присоединительных штуцеров; для подсоединения УТ нельзя использовать смотровые окна. Несоблюдение этих требований может привести к появлению в верхней части УТ пузырька газа, который будет препятствовать перемещению масла;

• УТ должны быть гибкими (в некоторых случаях может понадобиться установка гасителей вибрации);

• диаметр УТ должен составлять 3/8" (~10 мм) [1]*. Трубы меньшего диаметра будут ограничивать подачу масла в компрессоры. В трубах большего диаметра над поверхностью масла может возникнуть течение холодного всасываемого газа, который будет конденсироваться в неработающих компрессорах. После продолжительного простоя там может скопиться большое количество жидкого хладагента;

• для отключения компрессоров от системы в УТ разрешается устанавливать только шаровые вентили. Использование вентилях других типов может вызвать нежелательные перепады давлений в УТ.

Кроме того, при параллельном соединении компрессоров на линии нагнетания всегда рекомендуется устанавливать маслоотделитель (МО), особенно при большой протяженности трубопроводов, параллельно соединенных конденсаторах или испарителях. В системах с большим количеством масляных ловушек и МО рекомендуется установить маслосборник (МС).

Наиболее широко распространены следующие два способа сепарации масла:

*Фирма Linde [2] в зависимости от типа и количества компрессоров в МХА применяет УТ диаметром 10 или 15 мм.

Фирма Copeland использует УТ диаметром 7/8" (~22 мм).

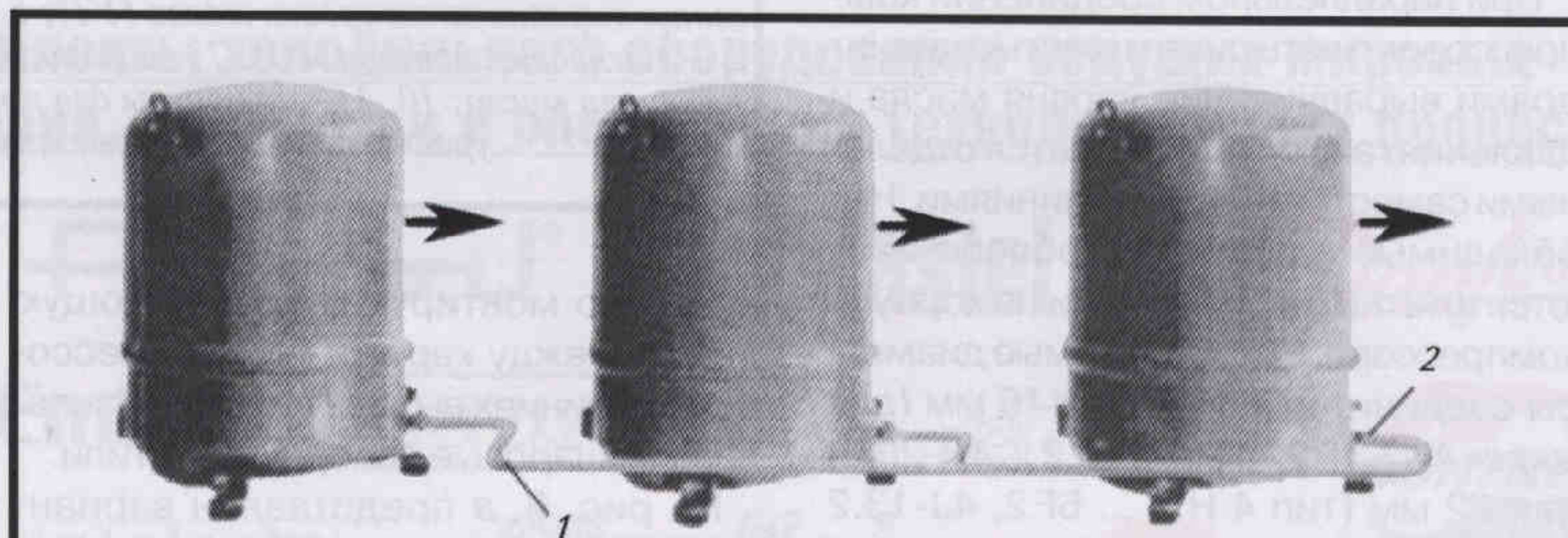


Рис. 4. Схема системы с уравнительным трубопроводом: 1 – уравнительный трубопровод; 2 – штуцер для подсоединения УТ

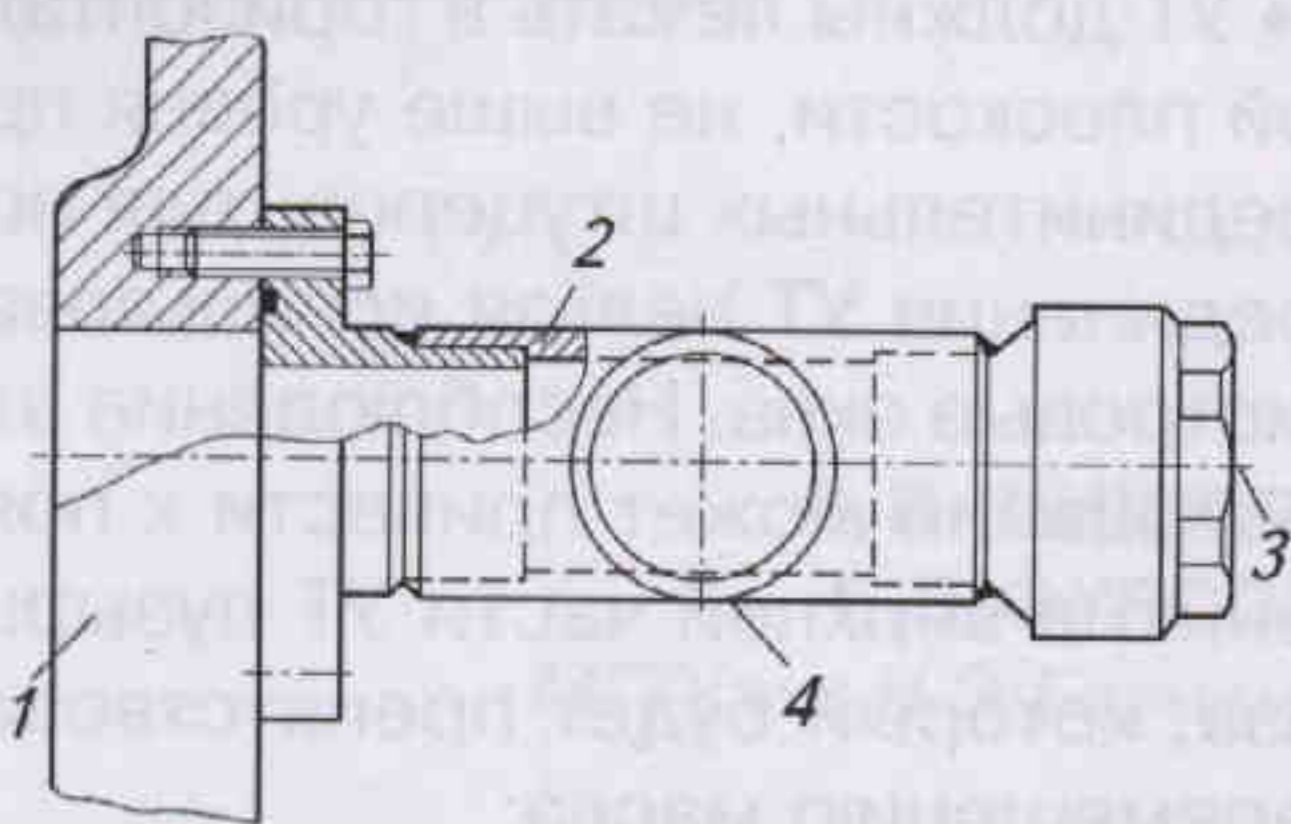


Рис. 5. Монтаж уравнивающей линии через переходник на месте смотрового глазка компрессора:
1—фланец компрессора; 2—переходник;
3—смотровой глазок; 4—уравнивающий трубопровод (УТ)

- с применением отдельных МО, когда каждый компрессор имеет собственный МО, из которого масло поступает в компрессор. При этом диаметр нагнетательного трубопровода между компрессором и МО не должен быть меньше диаметра нагнетательного патрубка компрессора;

- с применением общего МО. В этом случае масло из него возвращается к компрессорам по трубке, расположенной не ближе 1 м от всасывающего коллектора.

По рекомендации фирмы Bitzer выравнивание уровня масла конструктивно выполняется различно, в зависимости от типа компрессора.

При параллельном соединении компрессоров с двумя цилиндрами (2НЛ-1.2 ... 2Н-5.2) и компрессоров открытого типа (Т.2- ... 2Н.2-) УТ может быть выполнен через специальный переходник, который устанавливают на место смотрового глазка картера компрессора (рис 5). Диаметр трубы, соединяющей параллельные компрессоры, должен составлять 28 мм. Дополнительно рекомендуется установить линию выравнивания давления газа (минимальный рекомендованный диаметр 10 мм).

При параллельном соединении компрессоров с четырьмя и шестью цилиндрами выравнивание уровня масла и давления газа осуществляется отдельными самостоятельными линиями. Необходимые соединения обеспечиваются штатными разъемами на корпусе компрессора. Рекомендуемые диаметры соединительной линии 16 мм (для марок 4Т.2, 4Р.2, 4Н.2, 4Z-5.2 ... 4Н-20.2) или 22 мм (тип 4 Н.2 ... 6F.2, 4J-13.2 ... 6F-50.2). В системах с большими потерями давления между всасывающим коллектором и компрессором допол-

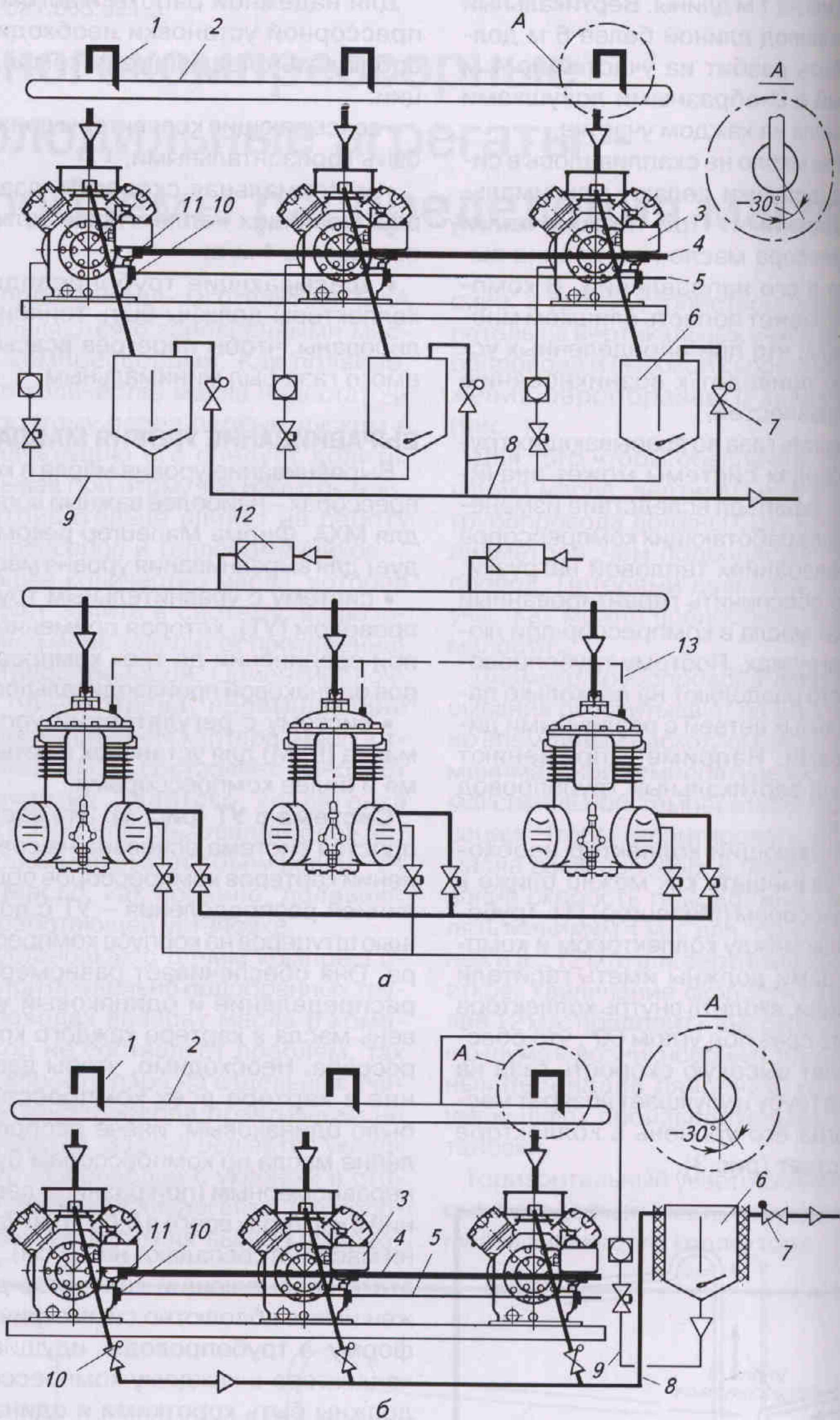


Рис. 6. Многокомпрессорные холодильные агрегаты с линиями выравнивания уровня масла и давления газа в картере:

а — с индивидуальными маслоотделителями; б — с общим маслоотделителем;
1 — линия всасывания; 2 — всасывающий коллектор; 3 — реле контроля смазки; 4 — линия выравнивания уровня масла (УТ); 5 — линия выравнивания давления в картере;
6 — маслоотделитель (МО); 7 — обратный клапан; 8 — линия нагнетания; 9 — линия возврата масла; 10, 11 — штуцеры для подсоединения линий выравнивания; 12 — фильтр; 13 — уравнивающая линия между картерами

нительно монтируют уравнивающую линию между картерами компрессоров. На линиях выравнивания устанавливают шаровые запорные вентили.

На рис. 6, а представлен вариант исполнения МХА с индивидуальными МО для каждого компрессора, на рис. 6, б — с общим МО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Руководство по выбору и эксплуатации поршневых компрессоров MANEUROP.

2. Руководство по эксплуатации. Многокомпрессорные холодильные агрегаты LINDE со спиральными и поршневыми компрессорами, 2000.