

МНОГОПОТОЧНЫЕ НАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

*Вавилов А.В., д.т.н., профессор, Котлобай А.Я., к.т.н., доцент, Котлобай А.А., инженер
Белорусский национальный технический университет*

Эффективность работы многофункциональной машины строительного комплекса напрямую зависит от числа рабочих органов, одновременно выполняющих технологические операции [1]. При невозможности объединения необходимого технологического оборудования в одной специализированной машине, комплект дополняют специализированные, либо универсальные технологические машины, выполняющие отдельные технологические операции. Такой путь приводит к увеличению числа машин в комплекте, нерациональному дублированию в комплекте ряда агрегатов, комплектующих машины, ухудшению эксплуатационных показателей всего комплекта машин.

Возможности реализации объединения ряда активных и пассивных рабочих органов в одной мобильной машине ограничиваются технологической совместимостью, габаритами, системой отбора мощности силовой установки на привод оборудования.

В настоящее время системы отбора мощности развиваются по пути использования объемных гидравлических приводов. На мировом рынке, рынке стран СНГ, и в частности Республики Беларусь, наряду с некоторыми отечественными производителями [2], роли основных поставщиков агрегатов для объемных гидравлических приводов прочно удерживают несколько ведущих производителей. Концерны «BOSCH-Rexroth», «Sauer-Danfoss», ОАО «Пневмостроймашина» (Оренбург, Россия), «Гидросила» (Кировоград, Украина) предлагают достаточно широкий ассортимент гидравлических насосов, моторов, распределительных и регулирующих устройств.

При проектировании гидроприводов технологических машин разработчики сталкиваются с проблемой деления потока мощности силового агрегата к нескольким потребителям. Например, значительную часть рабочего цикла одноковшового экскаватора занимают два совмещенные по времени движения (напор рукояти и внедрение

ковша в грунт, подъем стрелы и поворот платформы); движение самоходного катка с произвольной скоростью сопровождается вращением дебалансов вибраторов с определенными скоростями, не зависящими от скорости движения катка. Подъем некоторых конструкций должен производиться со строгой синхронизацией движения гидроцилиндров, во избежание перекаса.

Решение этой проблемы применением дроссельных делителей потока значительно снижает общий КПД привода, потому используется достаточно редко. Для подъема элементов конструкций, не допускающих перекаса, может быть применено последовательное соединение силовых гидроцилиндров разных диаметров (площадь поршня в штоковой полости первичного цилиндра равна площади поршня вторичного), либо механической синхронизацией стальными канатами. У машин с электрическим приводом насосных станций для синхронизации движения исполнительных механизмов используются несколько отдельных гидроприводов, синхронизация перемещений цилиндров осуществляется электронными контроллерами путем подсчета оборотов двигателей гидростанций.

Мобильные технологические машины характеризуются наличием единого силового агрегата, и ряда гидравлических приводов ходового и рабочего оборудования. Компании – производители гидроаппаратуры разрабатывают технические решения, позволяющие осуществлять деление потока мощности по контурам различных потребителей. Данные разработки носят ограниченный характер, и проводятся в направлении создания многонасосных агрегатов, связанных общим приводом.

Компания «Пневмостроймашина» [3] наряду с отдельностоящими насосами и моторами предлагает многопоточные насосные и моторные гидроагрегаты, представляющие собой корпус с находящимся в нем раздаточным редуктором и устанавливаемыми на него гидронасосами. Например,

трехнасосный агрегат 333.1.112.100.770 (рис. 1), имеет в своем составе 2 главных регулируемых насоса 313.3.112, и третий вспомогательный насос 310.12.

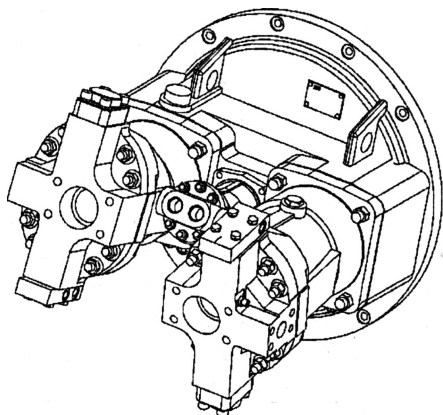


Рис. 1. Агрегат трехнасосный 333.1.112.100.770

Основные технические характеристики данного агрегата:

потребляемый крутящий момент — от 200 до 700 Нм;

номинальная потребляемая мощность — от 45 до 160 кВт;

номинальная частота вращения вала — 1500 мин⁻¹;

максимальная частота вращения вала — 2100 мин⁻¹;

полный КПД агрегата — 0,88;

масса (без рабочей жидкости) — 110 кг.

Многонасосный агрегат может иметь максимум 5 основных и 1 вспомогательный гидронасос. Данная конфигурация по сути своей является конечной, увеличение числа потоков более 6 возможно лишь путем применения либо дроссельного делителя, либо установкой нескольких многонасосных агрегатов. Реверсирование отдельных насосов в агрегате также не представляется возможным, так как агрегат комплектуется только насосами с наклонным корпусом, изменяющими рабочий объем от максимального до нулевого.

Передаточное отношение редукторов различное в зависимости от соотношения габаритов насосов и их количества.

Фирмы «BOSCH-Rexroth», «Sauer-Danfoss» не производят многонасосные агрегаты с раздаточными редукторами, предлагая изготавливать редуктора заводам-производителям мобильных машин. Исключением является малораспространенная серия сдвоенных гидравлических насосов переменной производительности «BOSCH-Rexroth» A8VO.

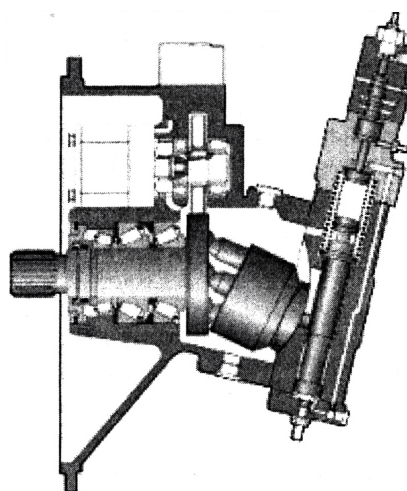


Рис. 2. Насос «BOSCH-Rexroth» A8VO

Существенным отличием насосов серии A8VO от двухнасосных агрегатов 333 является то, что раздаточный редуктор, подшипниковые узлы, блоки цилиндров и поршни регулировки наклона выполнены в едином литом корпусе. Достоинствами данной конструкции можно считать значительно меньший габарит и массу, а также простоту устройства механической синхронизации перемещения блоков цилиндров. Недостатками — отсутствие гибкости в выборе конфигураций.

Задняя крышка насоса унифицирована с другими насосами с наклонным корпусом. На насос A8VO может быть установлена любая конфигурация автоматической регулирующей аппаратуры: автоматическим управлением мощностью (мощность, забираемая от двигателя, остается постоянной независимо от изменения давления в системе), как независимой по каждому насосу, так и зависимой — синхронной либо с автоматическим делением в зависимости от разности нагрузок; внешним гидравлическим управлением — прямо- и обратно пропорциональным, системой среза давления (при превышении давлением некоторого предела рабочий объем насоса выводится в минимум независимо от внешнего воздействия); двухпозиционным либо непрерывным пропорциональным электрическим управлением.

В корпусе насоса устанавливается вспомогательный шестеренный насос с внутренним зацеплением, который может быть использован как насос подпитки для закрытых контуров, либо для создания опорного давления управления (система автоматического регулирования рабочего объема не работает, если давление в напорной магистрали основного насоса меньше 3 МПа). Существу-

ют модификации, не оснащаемые вспомогательным насосом.

В независимости от наличия или отсутствия вспомогательного насоса на корпусе имеется посадочное место для установки внешнего дополнительного насоса. Оно представляет собой закрываемую крышкой полость, в которую выходит приводной вал с внутренними шлицами.

Типоразмерный ряд этих насосов A8VO включает 5 моделей с рабочими объемами каждого из 2 насосов 55, 80, 107, 140 и 200 см³ и следующими основными характеристиками:

- номинальное давление — 35 МПа;
- максимальная частота вращения — от 3000 мин⁻¹ (для насоса 55 см³) до 2250 мин⁻¹ (200 см³);
- максимальный объемный расход от 274 (55 см³) до 780 л/мин (200 см³);
- максимальная мощность – от 160 (55 см³) до 325 кВт (200 см³);
- масса насоса — от 82 (55 см³) до 180 кг (200 см³).

Следует отметить, что она достаточно велика для насосов с весьма небольшим рабочим объемом.

Корпус насоса конструктивно предназначен для прямой установки на двигатели внутреннего сгорания вместо фрикционной муфты или гидротрансформатора.

Компании «Sauer-Danfoss» и «Гидросила» не имеют в своих модельных рядах многонасосных агрегатов.

Как альтернатива применению раздаточных редукторов очень широко практикуется система установки ряда насосов на один вал. Конструктивно насосы с наклонным корпусом не приспособлены для этого. Насосы с наклонной шайбой практически всех производителей имеют возможность присоединения к себе следующего насоса.

Насосы «BOSCH-Rexroth» серии A4VG (симметрично регулируемые с наклонной шайбой) могут быть оснащены широким ассортиментом систем, устанавливаемых в клапанной коробке (подкачивающий насос с внутренним зацеплением, предохранительные клапана, клапан среза давления, клапан плавного включения насоса при выходе на рабочую частоту вращения). Клапанная коробка этих насосов также в обязательном порядке имеет стандартную посадку под следующий насос. Валы соединяются шлицевой муфтой.

Гидронасосы типа 416 ЗАО «Пневмостроймашина» также допускают установку дополнительных гидронасосов.

Насосы «Sauer-Danfoss» тоже могут быть соединены последовательно.

При соединении насосов действует главное правило: устанавливать насос с большим рабочим объемом на насос с меньшим запрещено, можно тандемировать насосы одинакового рабочего объема, или различного, в порядке уменьшения. У такого способа создания многопоточных машин есть ряд недостатков.

Во-первых, длина агрегата из 2-3 насосов может достигать 1 метра, при этом крепление фланца первого насоса, а также соединение валов и подшипниковый узел могут оказаться перегруженным. Учитывая, что наиболее часто насосный агрегат соединяется с двигателем внутреннего сгорания жестко, а двигатель в свою очередь устанавливается на эластичных подушках для поглощения вибрации, может потребоваться установка эластичных элементов поддержки цепи насосов. Также затрудняется компоновка моторного отсека.

Вторым недостатком является необходимость учета распределения крутящих моментов по валам насосов. В частности, запас сечения вала по величине крутящего момента в серийно выпускаемых насосах невелик. К тому же, передаваемый валом, крутящий момент сильно зависит от конструкции узла соединения валов (к примеру, у насосов серии A4VG максимальное рабочее давление для исполнения со шпоночным валом несколько ниже, чем для исполнения со шлицами).

Очевидно, что деление потока мощности на два, полностью симметричных по расходу и давлению, может оказаться трудно решаемой задачей, на три – практически не решаемой.

Компания «Sauer-Danfoss» предлагает оригинальное решение проблемы деления потока мощности на два в виде симметричного тандемного двухпоточного насоса.

Тандемный насос серии H1 (рис. 3) конструктивно представляет собой два независимых регулируемых аксиально-поршневых насоса с наклонными шайбами, ориентированных блоками цилиндров друг к другу, и общую для обоих насосов заднюю (разделительную) крышку с подводными каналами и клапанами. Валы насосов соединены шлицевой муфтой.

Фирма «Poclein Hydraulics» выпускает оригинальный радиально-поршневой насос, встречающийся в исполнениях на 2, 3, 4 и 6 потоков (рис. 4). Каждый поток реализован группой из 3 поршней. Основные технические характеристики насосов PL:

- рабочий объем одной секции — от 10,3 до 74 см³;
- максимальная частота вращения — до 2900 мин⁻¹

(для 3-поточного насоса с рабочим объемом 17,5 см³);

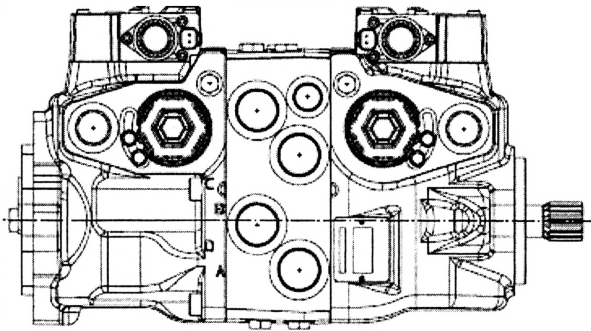


Рис. 3. Тандемный насос серии H1

– максимальное давление — 35 МПа;
– максимальная мощность — 465 кВт (для 6-поточного насоса с рабочим объемом 74 см³).

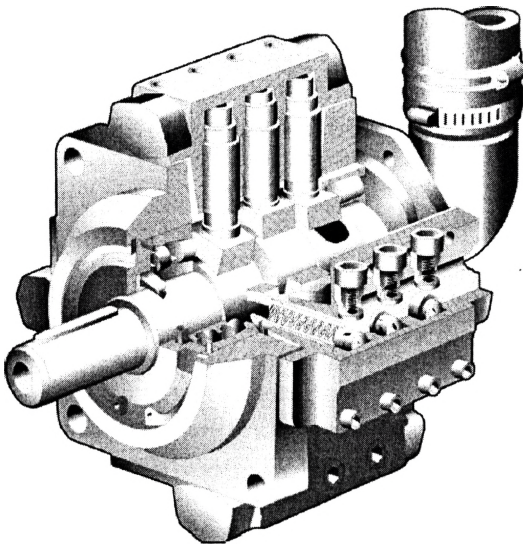


Рис. 4. Насос «Poclein Hydraulics» PLAH14

В гидроприводах с шестеренными гидронасосами вопросы многопоточности решаются тандемизацией.

ОАО «Гидросила» способно поставлять шестеренные насосы в любых комбинациях. Насосы Кировограда имеют достаточно большой габарит, что затрудняет компоновку гидросистемы на машине. В то же время «Гидросила» предлагает соединять не только шестеренные, но и аксиально-поршневые насосы в практически любых комбинациях.

Концерн «BOSCH-Rexroth» выпускает широчайшую номенклатуру тандемизируемых шестеренных гидронасосов (рис. 5).

Отличительной особенностью их является сквозное отверстие под приводной вал и внутренние шлицы на ведущей шестерне, а также малый габарит

и сквозные отверстия под крепежные винты. В результате габариты агрегата сильно сокращаются.

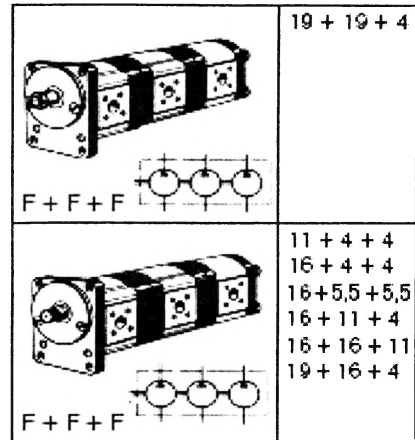


Рис. 5. Примеры многопоточных шестеренных насосов «BOSCH Rexroth»

Цифры справа обозначают рабочие объемы соответствующих насосов в см³.

Компания «Sauer-Danfoss» также выпускает тандемные шестеренные насосы, преимущественно сдвоенные.

На рынке стран СНГ, и Республики Беларусь представлены делители потока шестеренные [4], реализованные конструктивно на основе тандемных шестеренных гидромашин. Шестеренные делители потока позволяют модульно наращивать число секций, с необходимыми параметрами расхода. Каждая секция работает в режиме гидромотора.

Обзор подготовлен с использованием технической документации, взятой с интернет-сайтов производителей гидроаппаратуры.

Заключение

Проблема деления потока мощности в гидроприводах актуальна, а многопоточные гидравлические машины востребованы на рынке мобильных технологических машин. Существует целый ряд конструкций многопоточных машин, однако каждой присущи те или иные недостатки, ограничивающие сферу их применения. Конструкции многопоточных гидравлических машин развиваются в направлении создания общего привода однопоточных машин, через раздаточный редуктор, либо от одного ведущего вала. Ведущие компании не уделяют внимания развитию конструкций делителей потока, предпочитая выпуск более дорогих многопоточных насосов.

Литература

1. Дорожно-строительные машины: [Учебник для специальности «Строительство дорог и транс-

- портных объектов» вузов] / Вавилов А.В., Леонovich И.И., Максименко А.Н., Шкрадюк Л.С., Щемелев А.М.; Под общ. ред. Щемелева А.М. – Мн.: УП «Технопринт», 2000 – 515 с.
2. Борисов Е.П., Бутько В.А., Вавилов А.В. и др. Новая унифицированная гамма аксиально-поршневых насосов и гидромоторов для строительной и дорожной техники / Строительные и дорожные машины. – 2003. – № 5. – с. 8–10.
 3. Караваев В.А. ОАО «Пневмостроймашина» – ведущее российское предприятие по проектированию, изготовлению и продаже аксиально-поршневых гидромашин / Строительные и дорожные машины. – 2000. – № 6. – с. 5–8.
 4. Сиделев В.А., Лесючок В.И., Аскери А.Н. Шестеренные делители потока / Строительные и дорожные машины. – 1983. – № 7. – с. 7–8.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В ГЕНЕРИРУЮЩИХ ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ УСТАНОВКАХ

Козлов А.И., к.т.н., Герасимова А.Г., к.т.н., БНТУ

В современных условиях, когда на повестку дня наиболее остро встают вопросы энергетической, экономической и экологической безопасности [1], особенно для стран с переходной экономикой, к которым относится и Республика Беларусь, разработка и эксплуатация эффективных генерирующих тепловую энергию (ТЭ) установок — первостепенная задача.

В РБ эта ситуация усугубляется тем, что запасы традиционного топлива (нефть, природный газ, каменный уголь) невелики, а доля местных видов топлива (МВТ) ограничена [2].

Весомая доля потребности в тепловой энергии покрывается котлами малой мощности, особенно в сельской местности, которые потребляют МВТ и жидкое бытовое топливо.

К тому же, использование древесины как основного вида МВТ с существующим энергетическим КПД оставляет желать лучшего, тем более что доля древесины используемой в генерирующих тепловую энергию в общем объеме невелика.

В качестве примера приведем примерную структуру потребления древесины, характерную для Западно-европейских стран и Северной Америки (см. табл.).

Таблица — Структура потребления древесины [3]

п/п	Назначение	Объем, %
1	Лесоматериалы	57,0
2	Производство бумаги	28,0
3	Древесное топливо	4,0
4	Отходы при заготовке и транспортировке леса	11,0
Итого:		100,0

В своей работе [4] мы указывали ряд критериев, которым должны отвечать эти установки.

Однако, с учетом современной ситуации, на наш взгляд нужно добавить дополнительные требования к генерирующим установкам.

1. Многовариантность, т.е. возможность использовать различные виды топлива, включая МВТ и возобновимые источники энергии (солнце, ветер, тепло земли и т.д.).

2. Многофункциональность, т.е. возможность генерирующей установки работать в системе отопления и горячего водоснабжения (ГВС).

Например, фирма «Viessmann» предлагает схему отопления и ГВС, совмещающую в себе котельную и солнечный коллектор см. схему, показанную на рисунке.

3. Независимое регулирование работы контуров отопления и ГВС по времени и температуре.

4. Блокировка котла, предотвращающая его розжиг, когда отсутствует необходимость в ГВС или отоплении.

5. Поддержание среднегодового значения КПД в широком диапазоне производительности в типично-бытовых условиях, которые учитывают:

- тип котла;
- организацию розжига;
- объем воды;
- используемое топливо.

Так, в Великобритании значение КПД должно быть не ниже 78% с использованием сетевого газа, 80% — сжиженного газа и 85% жидкого топлива [5].

6. Возможность использования скрытой теплоты парообразования водяных паров, находящихся в продуктах сгорания газообразного и жидкого