ОВ7. - С. 263-267,

3. *Аксенов В. В., Блащук М. Ю., Чернухин Р. В.* «Определение суммарного расхода рабочей жидкости в гидросистеме геохода» // Сборник трудов XI Международной научно-технической конференции «Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности», г.Екатеринбург,

4. Способы регулирования и настройки гидроприводов / А.А. Митусов // Горный журнал.2003. – №3. – С. 70–73.

5. Совершенствование способа подачи рабочей жидкости к механизированному комплексу / Бурков П.В., Сапожкова А.В. // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна» / Донецк, ДонНТУ, 2009 – Вип. 10(151). С.144-147.

Авторы статьи:

Аксенов
Владимир Валерьевич,
докт. техн. наук, проф. каф. горно-шахтного оборудования Юргинского технологического института (филиала) ТПУ
E-mail: v.aksenov@icc.kemsc.ru

Блащук
Михаил Юрьевич,
канд.техн.наук, доцент каф. горно-шахтного оборудования Юргинского технологического института (филиала) ТПУ.
E-mail: mby.tpu@gmail.com

Чернухин
Роман Владимирович,
старший препод. каф. «Агроинженерия» Юргинского технологического института (филиала) ТПУ..
E-mail: rv_81@mail.ru

УДК 622.002.5

В.В. Аксенов, М.Ю. Блащук, Р.В. Чернухин

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ВЫБОРА ТИПА НАСОСА ЭНЕРГОСИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ГЕОХОДА

Отличительной особенностью энергосиловой установки (ЭСУ) геохода является то, что почти все её элементы подбираются из стандартного ряда. Важными элементами ЭСУ геохода являются насосы. В горных машинах применяются насосы различных типов: шестеренные, пластинчатые, аксиально- и радиально-поршневые.

Выбор конкретного типа насоса для ЭСУ геохода может стать непростой задачей, поскольку перечисленные типы насосов могут иметь различный диапазон подач, значений номинального давления, частот вращения приводного вала и других параметров, при схожих массогабаритных характеристиках. Одним из методов, позволяющих обоснованно подойти к выбору типов насосов, применяемых в ЭСУ является метод анализа иерархий (МАИ).

Идея МАИ была предложена в работах [1,2]. Преимуществом метода является то, что он дает не только способ выявления наиболее предпочтительного решения, но и позволяет количественно выразить степень предпочтительности посредством рейтингования. Данный метод нашел широкое применение в задачах многокритериального принятия решений.

Для реализации данного метода необходимо построить иерархическую или так называемую сетевую структуру, чтобы представить задачу выбора. Для создания структуры задачи принятия решений в МАИ используются декомпозиция и синтез. В вершине иерархии (рис.1) располагается основная цель, далее, на уровень ниже – требования, предъявляемые к насосам, и, наконец, на самом нижнем уровне – типы насосов, среди которых производится выбор и ранжирование.

В качестве основной цели примем выбор оптимального типа насосов, удовлетворяющих следующим требованиям:

1) широкий диапазон рабочих объемов.
2) достаточное номинальное давление (не

Таблица 1 .Сравнительная характеристика насосов разных типов [3,4]

Тип / Параметр	Шестеренные	Пластинчатые	Аксиально-поршневые	Радиально-поршневые
Диапазон рабочих объемов, $см^3$	4...250	3,2...227	10...1000	0,63...1250
Диапазон n_{max}, об/мин	1800...3000	1500...3000	1800...5000	950...2000
Диапазон номинальных давлений, МПа	0,5...25	6,3...25	6,3...40	17,5...70
Ресурс, ч	6000...12000	3000…4000	6000…8000	7500…9000
Удельная масса, кг/кВт	0,2...0,3	0,54…0,68	0,27…0,91	1,2…4,2
КПД	0,8...0,9	0,7…0,8	0,9…0,96	0,85…0,9

Рис.1 Иерархия задачи о выборе подходящих вариантов компоновочных схем ЭСУ

менее 20 МПа)

3) габариты, обеспечивающие свободное пространство внутри хвостовой секции геохода для размещения прочих систем геохода;

4) минимальная удельная масса

5) высокий КПД

6) большой ресурс.

В МАИ иерархия является основным способом представления структуры задачи принятия решения. Основное назначение иерархии в МАИ – оценка высших уровней иерархии исходя из взаимодействия ее различных уровней [5].

Следующим этапом является попарное сравнение требований к ЭСУ, оценивание и получение матрицы доминирования требований. Оценочная фундаментальная шкала МАИ представлена в таблице 2. Сравнение можно провести, основываясь на характеристиках насосов различных типов по данным табл.1. По матрицам доминирования проводятся необходимые вычисления.

В табл.3 представлена матрица доминирования для иерархии (рис.1), отражающая сравнение объектов второго уровня иерархии относительно главной цели и оценка предпочтительности требования, указанного в строке, по сравнению с фактором, который приведен в столбце.

Если указанный критерий не является доминирующим по предпочтению, используется обратное значение и обратная величина автоматически записывается в таблицу.

Чтобы полученные с помощью МАИ результаты были адекватны ситуации, в которой принимается решение, необходимо, чтобы в таблице попарных сравнений достигались требуемые уровни согласованности данных. Под согласованностью матрицы попарных сравнений понимается численная (кардинальная) согласованность и транзитивная (порядковая) согласованность.

Пример кардинальной несогласованности: пусть насос типа А лучше насоса типа В в 2 раза, а насос типа В лучше насоса типа С в 3 раза, таким образом, насос типа А лучше насоса типа С в

2x3=6 раз. Нарушение этого равенства в рамках выбранной шкалы считается кардинальной несогласованностью.

Пример транзитивной несогласованности: пусть схема А предпочтительнее схемы В, а схема В предпочтительнее схемы С, таким образом, схема А предпочтительнее схемы С. Нарушение последнего неравенства называется транзитивной несогласованностью [6].

Для оценки согласованности определяются следующие показатели:

– собственное число матрицы критериев (λ_{max}СЗ);

– индекс согласованности ИС:

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1},$$

где n – порядок матрицы;

– отношение согласованности ОС. Отношение согласованности не должно превышать 0,2 (20%). Отношение согласованности определяется путем сравнения индекс согласованности с табличными значениями случайного индекса согласованности для матриц разной размерности.

В столбце табл.3 «Приоритет» отражается относительная оценка критерия.

Основным преимуществом МАИ является учет неравнозначности требований к объектам, в данном случае насосам, вследствие этого более точные результаты. Также, при изменении количества требований или замены одних требований другими необходимо только сравнить вновь возникшие пары или удалить ненужные из строк и столбцов матрицы доминирования. Кроме того, в методе анализа иерархий имеется инструмент оценки «качества» работы эксперта.

Для снижения трудоемкости математических расчетов и автоматизации применения метода целесообразно применить программную систему «MPRIORITY», которая реализует МАИ. Принципы работы с «MPRIORITY» достаточно подробно описаны в [6,7].

На следующем этапе выполняются парные сравнения всех типов насосов, сравнивая их попарно относительно каждого требования.

Преимуществами применения шестеренных насосов являются простота конструкции, низкая стоимость и небольшие габариты и масса. Однако их применение в геоходе имеет ограничения из-за высокой пульсации, сравнительно низких номинальных давлений и низкого КПД.

Пластинчатые насосы имеют низкий уровень шума и хорошую равномерность подачи. Эти насосы имеют сравнительно большие рабочие объемы при небольших габаритах. Имеют отличные массогабаритные показатели и низкую стоимость. Пластинчатые гидронасосы могут работать при частоте вращения до 2500 об/мин на давлениях до 25 МПа.

Основными достоинствами радиально-поршневых насосов является возможность работы на номинальных давлениях до 100 МПа, простота конструкции и высокая надежность. Малый осевой и большой радиальный размеры не позволяют

Таблица 2 Фундаментальная шкала метода анализа иерархий

Степень предпочтения	**1. Определение**	Комментарии
1	Одинаковая важность.	Два объекта вносят одинаковый вклад в достижение цели.
3	Слабая значимость.	Опыт и суждение дают легкое предпочтение одному объекту перед другим.
5	Существенная или сильная значимость.	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному объекту перед другим.
7	Очень сильная и очевидная значимость.	Предпочтение одного объекта перед другим очень сильно. Его превосходство практически явно.
9	Абсолютная значимость.	Свидетельства в пользу предпочтения одного объекта в высшей степени убедительны.
2,4,6,8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы.	Ситуации, когда необходимы компромиссные решения.
Обратные величины приведенных выше значений	Если при сравнении объекта А с объектом В мы получим одно из приведенных выше значений, то, соответственно, результат сравнения объекта В с объектом А есть обратная величина.	Если *x* предпочтительнее *y* в 5 раз, то есть *x=5y*, тогда *y = x/5* или *y = (1/5)x*

Таблица 3. Парные сравнения критериев различных типов насосов

Критерий	Широкий диапазон рабочих объемов	Достаточное номинальное давление (не менее 20 МПа)	Габариты, обеспечивающие свободное пространство внутри хвостовой секции геохода для размещения прочих систем геохода	Минимальная удельная масса	Высокий КПД	Большой ресурс	**Приоритет**
Широкий диапазон рабочих объемов	1	1	5	7	7	7	0,3604
Достаточное номинальное давление (не менее 20 МПа)	1	1	5	7	7	7	0,3604
Габариты, обеспечивающие свободное пространство внутри хвостовой секции геохода для размещения прочих систем геохода	1/5	1/5	1	5	7	7	0,1523
Минимальная удельная масса	1/7	1/7	1/5	1	3	3	0,06
Высокий КПД	1/7	1/7	1/7	1/3	1	3	0,0393
Большой ресурс	1/7	1/7	1/7	1/3	1/3	1	0,0273
Собственное число матрицы сравнений СЗ = 6,7038 Индекс согласованности ИС = 0,1407 Отношение согласованности ОС = 0,1135							

компактно разместить насосы этого типа во внутреннем пространстве геохода. Еще одним недостатком радиально-поршневых насосов является больший удельный вес по сравнению с аксиально-поршневыми насосами.

По своим характеристикам наиболее полно

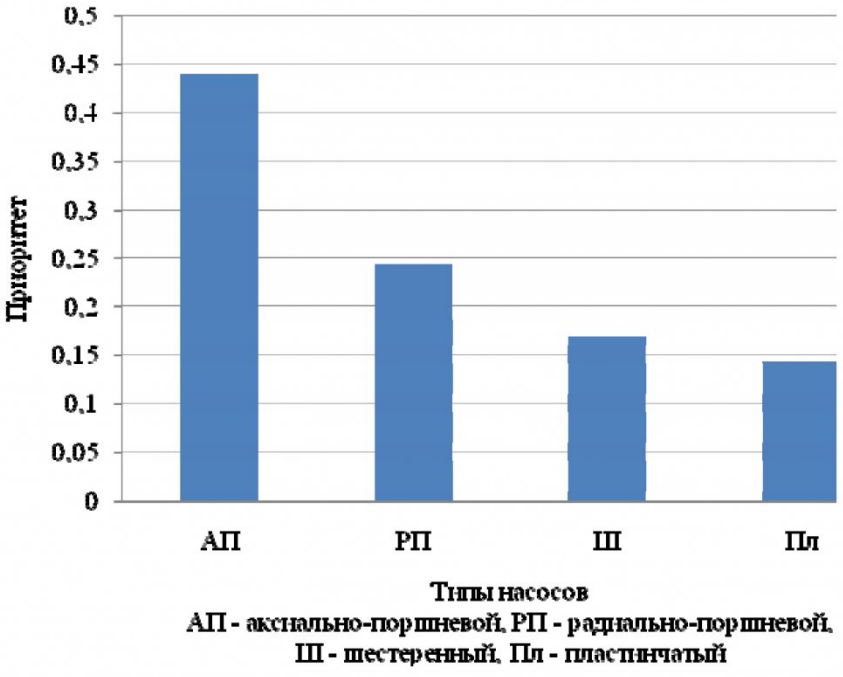

Рис.2 Итоговый результат МАИ по выбору типа насосов