

УДК 62.822

Н.Н. ФАТЕЕВА, канд. техн. наук; доц. НТУ «ХПИ»

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ С КЛАПАННО-ЩЕЛЕВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Рассмотрены вопросы проектирования аксиально-поршневых насосов (АПН). Предложена программа для расчета аксиально-поршневых насосов с клапанно-щелевым распределением в среде программного обеспечения MathCad, которая позволяет на этапе проектирования проводить необходимое варьирование задаваемых параметров, существенно сократить время проектирования и обоснованно принимать прогрессивные конструктивные и технологические решения, гарантируя тем самым оптимальные показатели новой конструкции АПН.

Ключевые слова: аксиально-поршневой насос, клапанно-щелевое распределение, проектирование, программа, кинематический расчет.

Введение

Технический уровень всех отраслей народного хозяйства тесно связан и в значительной степени определяется уровнем развития машиностроения. На основе этого развития осуществляется комплексная механизация в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, транспорте. Огромную роль здесь играет гидрофикация в промышленности. Уделяется особое внимание усовершенствованию и развитию конструкций гидравлических машин, указываются направления и требования, которые необходимо учитывать при проектировании новых машин. Особое место здесь занимают объемные гидравлические машины (ОГМ), которые можно по праву считать наиболее оптимальными среди ряда аналогичных машин. Проектируемые гидравлические машины должны иметь наиболее высокие эксплуатационные показатели (производительность, КПД), минимальный расход материалов при наименьшей массе и габаритах, высокую надежность. Они должны быть экономичными как в процессе производства, так и в процессе эксплуатации, удобными и безопасными в обслуживании, допускать стандартизацию деталей и сборочных единиц.

Аксиально-поршневые насосы (АПН) являются широко распространенными и совершенными типами объемных насосов, часто применяемых в гидравлических приводах самого разнообразного назначения, в том числе в оборудовании нефтегазовых комплексов.

По сравнению с другими типами насосов, клапанные насосы допускают высокие нагрузки (до 1000 кгс/см² и выше), стойки к различным загрязнителям, температурным перепадам, могут работать на различных жидкостях, включая и несмазывающие.

В связи с этим для целого ряда отраслей клапанные насосы в настоящее время рассматриваются как основной вид нагнетательного оборудования высокого давления. При этом клапанные насосы, в силу своих особенностей, решают как раз те задачи, которые представляют определенные трудности для других типов насосов.

Клапанное распределение отличается большой надежностью и долговечностью, а также высоким объемным КПД. Кроме того, насосы с этим распределением свободны от гидравлических ударов и компрессии жидкости в цилиндрах, а также пригодны для работы при высоких температурах и давлениях [1].

Таким образом, грамотное проектирование АПН с учетом современных

тенденций и перспектив развития компьютерных технологий является, несомненно, актуальной задачей.

Постановка задачи

При проектировании АПН производят кинематические расчеты, определяют силы, действующие на детали и звенья сборочных единиц, выполняют расчеты изделия на прочность, решают вопросы, связанные с выбором материала и наиболее технологических форм деталей, освещаются вопросы сборки и разработки сборочных единиц АПН. Таким образом, проектирование АПН – самостоятельная творческая работа по решению комплексной инженерной задачи. Исходным документом при проектировании является техническое задание. Данные, представленные в техническом задании, определяют конструктивные размеры проектируемой машины. Основными задачами работы является предоставление систематизированной последовательности расчетов, позволяющих спроектировать АПН.

Основная часть

Неоднозначность сочетаний параметров насосов объемного действия, обеспечивающих их высокие технико-экономические показатели, целый ряд ограничений – по условиям пульсаций подачи или крутящего момента, по условиям всасывания или кавитации, по минимально допустимым значениям объемного и механического КПД, связаны при проектировании АПН с большой вычислительной работой [2].

Из вышеприведенного ясно, что проектирование АПН является сложной технической задачей. Благодаря развитию компьютерной техники и применению программных средств можно существенно упростить порядок расчета АПН и сократить время на его выполнение.

Расчеты при проектировании АПН могут быть с успехом выполнены в среде программного обеспечения MathCad. Автором предложена программа для комплексного расчета любого АПН с клапанно-щелевым распределением при его проектировании.

Так как самым сложным при проектировании АПН является кинематический расчет насоса [3], используем его, как пример применения программы.

Перемещение, скорость и ускорение поршней насоса определяются из соответствующих зависимостей:

$$\begin{aligned}x &= r \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot (1 - \cos \psi); \\ \dot{x} &= r \cdot \omega \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \psi; \\ \ddot{x} &= r \cdot \omega^2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \psi,\end{aligned}$$

где $\psi = \omega \cdot t$ – текущий угол поворота вала насоса;

$\omega = 2\pi \cdot n$ – угловая частота, [рад/с];

t – время; $r = (D_0 \cdot 10^{-3})/2$ – радиус окружности ротора, на котором расположены центры поршней насоса, [м].

Задавая значения угла ψ от 0° до 360° с интервалом 10° , строим законы изменения перемещения, скорости и ускорения для каждого поршня. Пример реализации программы приведен на рис. 1.

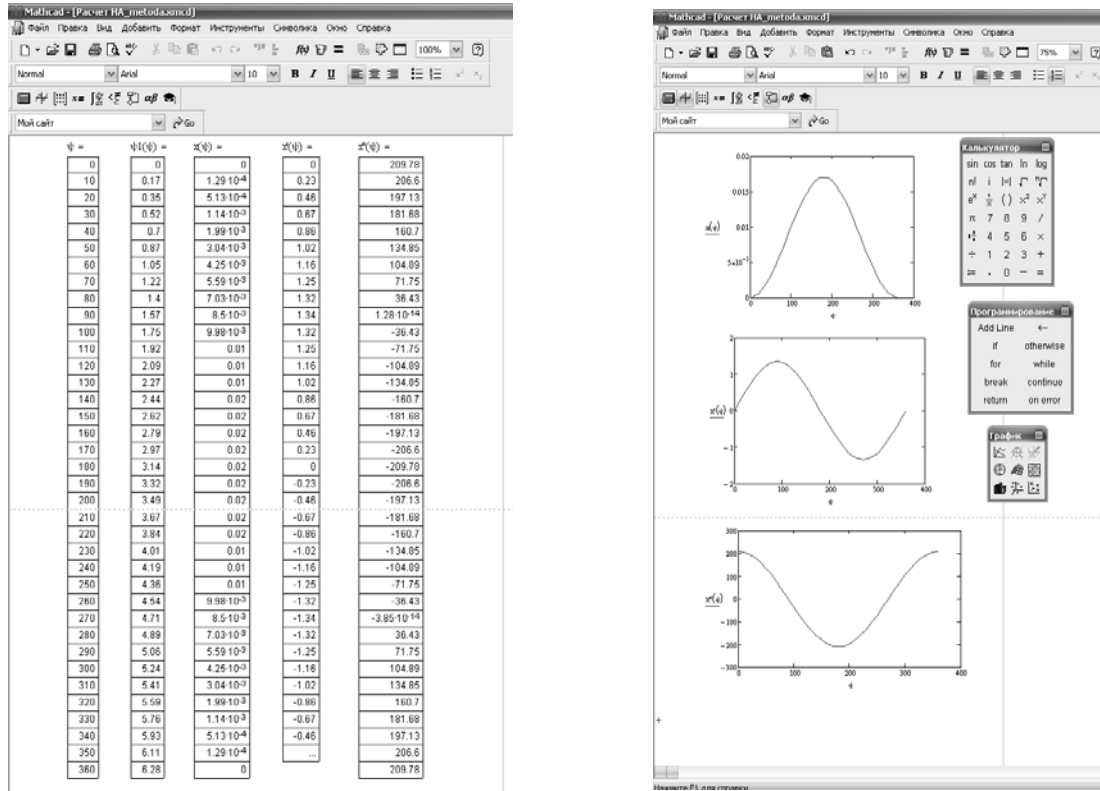


Рис. 1 – Пример реализации программы в пакете MathCad

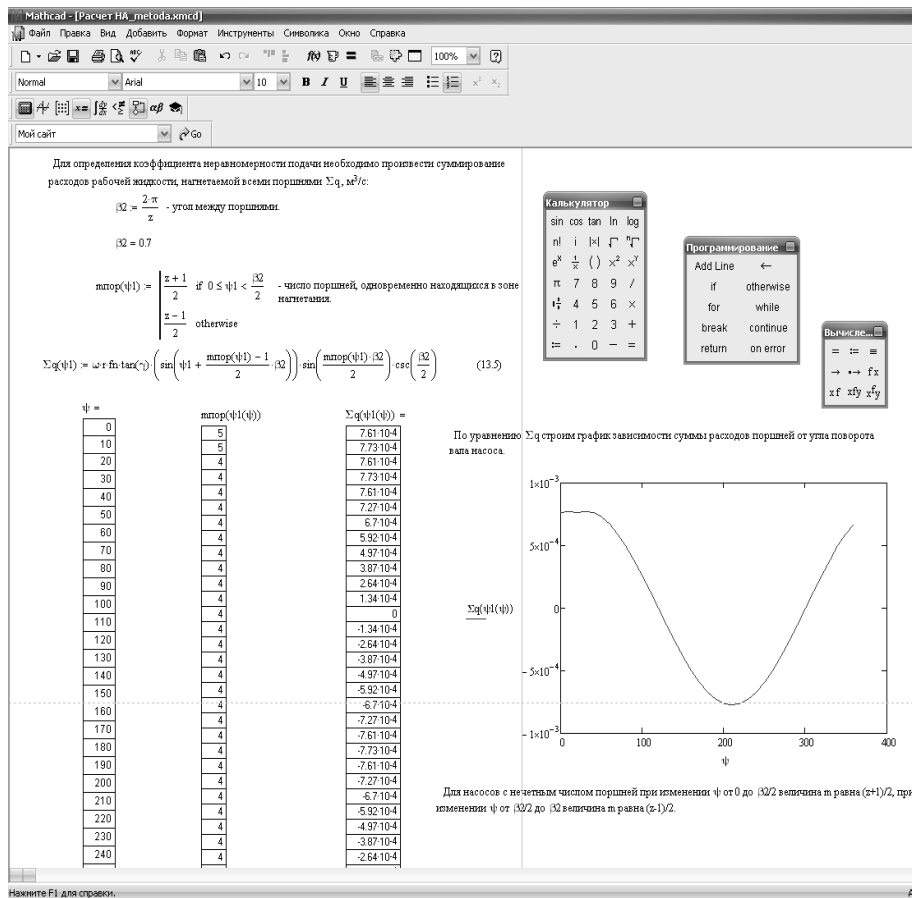


Рис. 2 – Расчет и график зависимости суммы расходов поршней от угла поворота вала насоса

Мгновенная подача одного поршня, [м³/с]:

$$q = \omega \cdot r \cdot f_n \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \psi ,$$

где $f_n = \frac{\pi \cdot d_n^2 \cdot 10^{-6}}{4}$ – площадь поршня, [м²].

Для насосов с нечетным числом поршней при изменении ψ от 0 до $\beta/2$ величина m равна $(z+1)/2$, при изменении ψ от $\beta/2$ величина m равна $(z-1)/2$.

Расчет и график зависимости суммы расходов поршней от угла поворота вала насоса представлен на рис. 2.

Выводы

Если полученные результаты не удовлетворяют техническим условиям, то производится корректировка необходимых данных. При этом можно указать оптимальные варианты – за счет каких элементов и насколько необходимо изменить исходные параметры (материалы для изготовления узлов, рабочую жидкость, угол наклона, размеры и количество сборочных единиц и т.п.).

Таким образом, можно проводить необходимое варьирование параметров, существенно сократить время проектирования и обоснованно принимать прогрессивные конструктивные и технологические решения, гарантируя тем самым оптимальные показатели новой конструкции АПН (производительность, КПД).

Так как различные АПН в большинстве своем состоят из однотипных по служебным функциям деталей и сборочных единиц, то отсюда следует, что одни и те же методы анализа, расчета и проектирования могут быть применены в различных отраслях техники.

Таким образом, программа, предложенная автором, может быть использована при проектировании не только АПН с клапанно-щелевым распределением, но и для АПН с другими конструктивными особенностями.

Список литературы: 1. Башта, Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем [Текст] / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1974. – 606 с. 2. Исаев, Ю. М. Расчет и конструирование аксиально-поршневых насосов [Текст] : учеб. пособие / Ю. М. Исаев. – Л. : [б. и.], 1979. – 98 с. 3. Іваніцька, О. П. Проектування аксіально-поршневих насосів з клапанно-щілинним розподілом [Текст] : метод. вказівки для виконання дипломних та курсових проектів / О. П. Іваніцька, Н. М. Фатєєва, О. М. Фатєєв ; НТУ «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – 92 с.

Bibliography (transliterated): 1. Bashta, T.M. *Ob'emnyye nasosy i gidravlicheskie dvigateli gidrosistem*. Moscow: Mashinostroenie, 1974. Print. 2. Isaev, Ju. M. *Raschet i konstruirovaniye aksial'no-porshnevyyh nasosov*. Leningrad: [b. i.], 1979. Print. 3. Ivanits'ka, O. P., N. M. Fatyeyeva and O. M. Fatyeyev. *Proektuvannya aksial'no-porshnevyykh nasosiv z klapanno-shchilynnym rozpodilom: metod. vkazivky dlya vykonannya diplomnykh ta kursovykh projektiv*. Kharkiv: NTU "KhPI", 2010. Print.

Поступила (received) 12.01.2015