

# Современные методы проектирования насосного оборудования

Д. Коньшин, руководитель отдела технического маркетинга ООО «СИЭНПИ РУС»

Около трети мирового потребления электроэнергии приходится на долю насосного оборудования. Например, в Китае, по данным профессионального насосного комитета китайского машиностроительного

сообщества (Pump Professional Committee of the Chinese Mechanical Engineering Society), насосная продукция потребляет от 19 до 23 % годового объема выработки электроэнергии. В некоторых отраслях этот показатель достигает

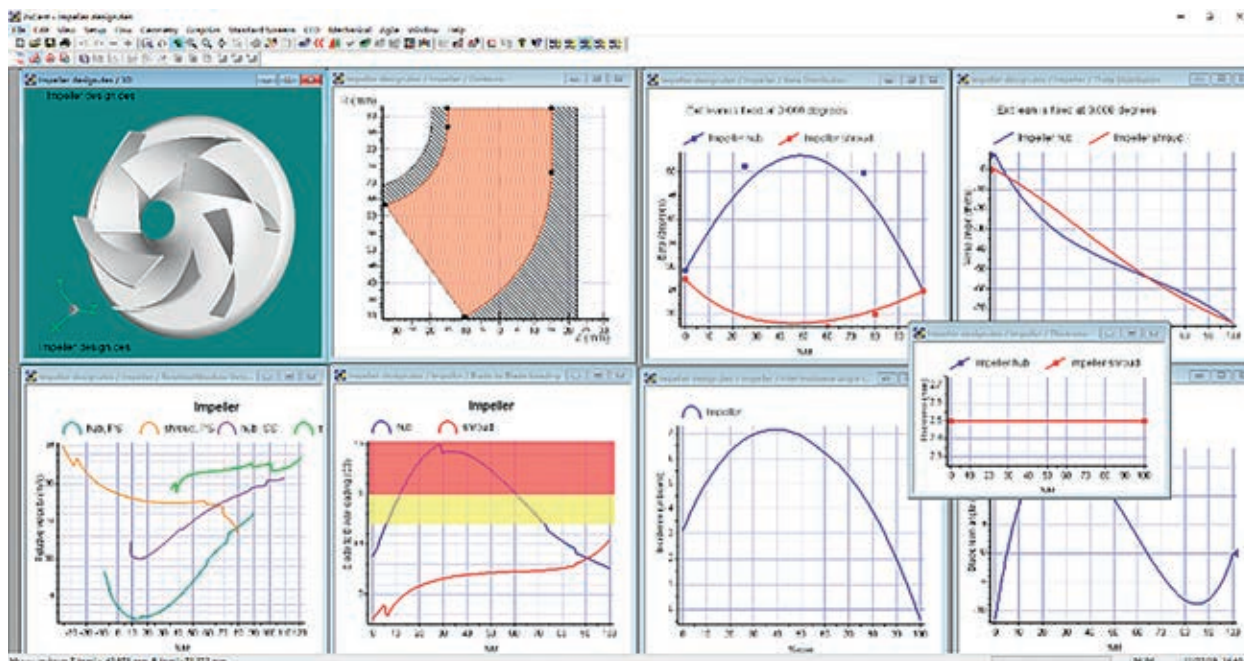


Рис. 1. Процесс проектирования рабочего колеса насоса в программе AxCent

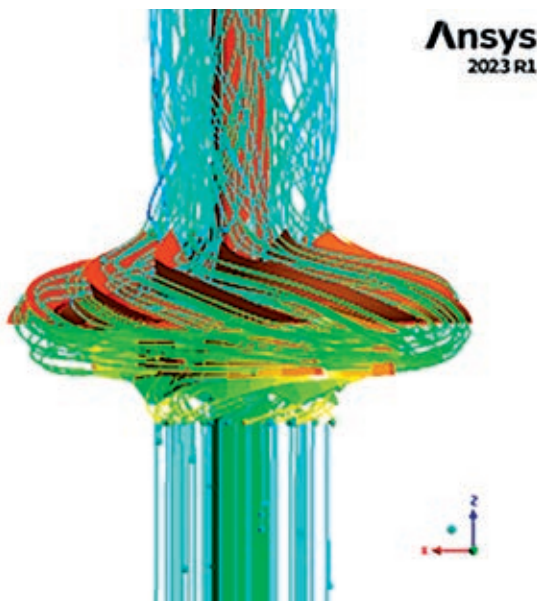


Рис. 2. Визуализация процесса течения жидкости в программе Ansys

50 % и более. В целом же в таких отраслях, как нефтедобыча и нефтепереработка, химическая промышленность, водоснабжение и водоотведение, до 85 % затрат на эксплуатацию насосного оборудования составляют именно платежи за электроэнергию. Стремясь снизить эту долю, ведущие производители насосов применяют все более современные способы проектирования и технологии производства, позволяющие повысить энергоэффективность оборудования, продлить срок его службы и тем самым сократить расходы на эксплуатацию.

Разработка любого вида центробежных насосов начинается с проектирования гидравлической части, которое сегодня невозможно представить без использования САПР и методов гидродинамического моделирования течения перекачиваемой жидкости. Как устроен этот процесс, рассмотрим на примере разработки новой серии насосов CDM/CDMF: использование при их создании передовых методов проектирования позволило на 4–9 % увеличить КПД оборудования и снизить эффективный положительный напор на всасывании (NPSH). Кроме того, конструкция проточной части новых моделей была значительно переработана с целью повышения эффективности самих агрегатов и оптимизации производственных процессов.

Для создания трехмерных моделей элементов проточной части использовалось современное ПО AxCent (рис. 1), позволяющее гибко варьировать

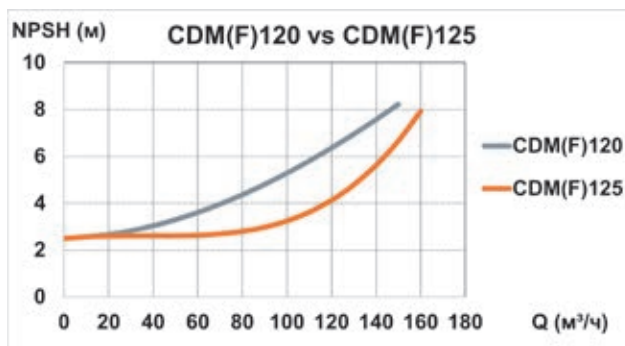


Рис. 3. Сравнение NPSH одной ступени для CDM(F)125 и CDM(F)120 (NPSH в номинальной точке снижен на 2,5 м)

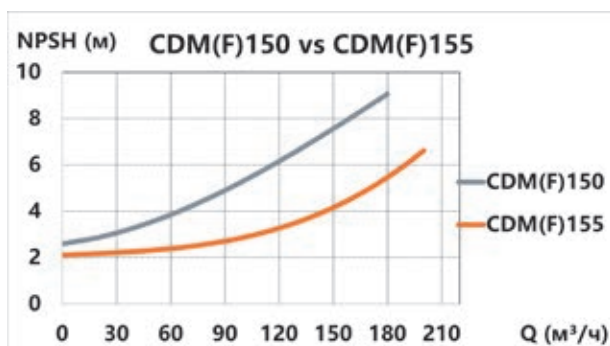


Рис. 4. Сравнение NPSH одной ступени для CDM(F)125 и CDM(F)120 (NPSH в номинальной точке снижен на 2,5 м)



Рис. 5. Элементы проточной части насосов CDM, выполненные методами 3D-печати

все параметры, влияющие на будущие характеристики насосов.

После получения предварительной геометрии проточной части проводится оптимизация ее параметров, сопряженная с процессом гидродинамического моделирования. Методы оптимизации и программное обеспечение могут быть разными, в компании CNP применяется одно из наиболее популярных решений – Ansys (рис. 2). Общий алгоритм разработки можно представить следующим образом:

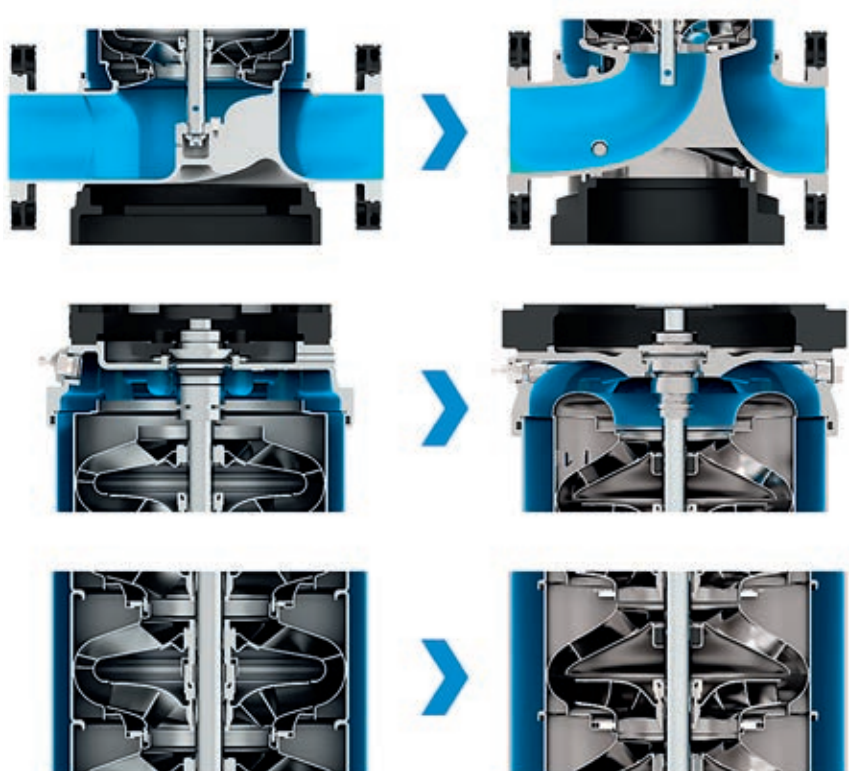
- 1) создание первичной модели проточной части;
- 2) моделирование динамики течения в первичной модели;
- 3) на основе результатов моделирования оптимизационными методами создаются следующие вариации проточной части;
- 4) моделирование этих вариаций с целью достижения требуемых характеристик;
- 5) выбор трех-пяти наилучших моделей по совокупности характеристик (значению целевой функции оптимизации).



■ Рис. 7. Изменение процесса изготовления элементов проточной части

Для создания одной оптимальной проточной части насоса может быть проведено порядка 200–300 моделирований течения с последующим изменением геометрии. Такой подход требует использования достаточно больших вычислительных мощностей, однако только так можно обеспечить наилучшие характеристики оборудования.

Помимо очевидных параметров – напора, подачи и КПД – важным фактором является также достижение приемлемых значений NPSH, что особенно важно для насосов с большими значениями подач. В этом плане новые модели насосов CDM/CDMF отличаются значительным снижением относительно моделей предыдущего поколения (рис. 3, 4). Достичь подобных показателей удалось за счет комплекса мероприятий по изменению геометрии рабочего колеса:



■ Рис. 8. Оптимизация конструкции насосов

- изменение положения входной кромки лопастей;
- увеличение диаметра рабочего колеса на всасывании;
- корректировка графика изменения площадей в рабочем колесе.

После выбора наиболее подходящих моделей проточных частей необходимо провести верификацию полученных данных и выполнить

физическое моделирование. На производственных площадках компании CNP для этого активно используются аддитивные технологии (рис. 5), которые позволяют быстро и с достаточной точностью создать прототип будущего насоса.

После изготовления прототипа проводятся гидравлические испытания и формулируются

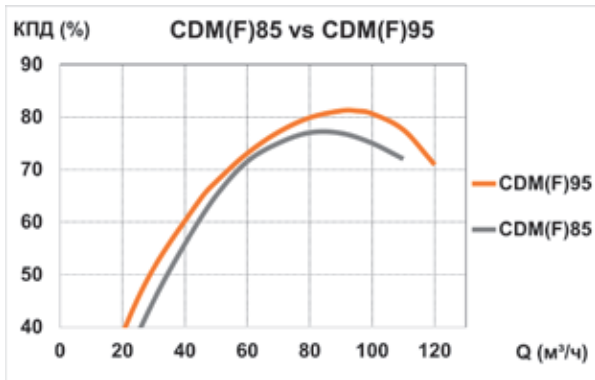


Рис. 9. Сравнение КПД одной ступени для CDM(F)95 и CDM(F)85 (КПД в номинальной точке увеличен на 4,5 %)

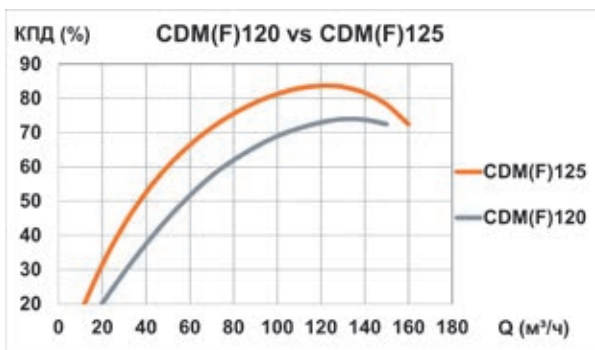


Рис. 10. Сравнение КПД одной ступени для CDM(F)125 и CDM(F)120 (КПД в номинальной точке увеличен на 9 %)

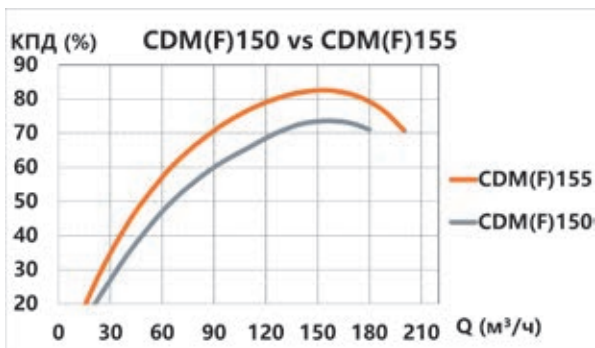


Рис. 11. Сравнение КПД одной ступени для CDM(F)155 и CDM(F)150 (КПД в номинальной точке увеличен на 9 %)

выводы относительно достоверности проведенного исследования, затем выбирается наилучшая модель, которая будет использоваться для производства всей серии насосов.

На этом этапе инженеры финализируют проточную часть с точки зрения производственных возможностей, а также прорабатывают другие элементы системы. Например, в компании CNP используются методы штамповки и сварки нержавеющей стали вместо литья, что

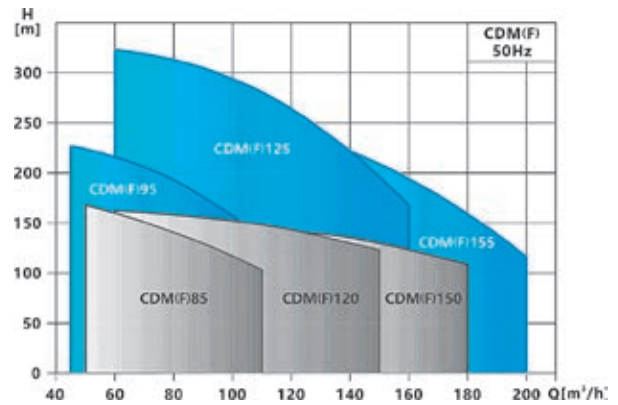


Рис. 12. Диапазон гидравлических характеристик новых моделей

позволяет более качественно передать геометрию 3D-модели при изготовлении (рис. 7). В частности, такой подход позволил повысить КПД новой серии насосов CDM/CDMF на 1–2 %.

На данном этапе в компании активно используют программное обеспечение SolidWorks, предоставляющее широкие возможности для прочностных расчетов методом конечных элементов.

Также были оптимизированы и отдельные элементы проточной части (рис. 8). Например, подвод жидкости в первую ступень рабочего колеса стал более плавным, так же как и выход с последней ступени в напорную камеру. Были полностью переработаны ступени (рабочие колеса и диффузоры). Эти изменения позволили значительно сократить потери на вихреобразование в проточной части насосов, что привело к повышению гидравлического КПД на 3–5 % относительно показателей предыдущего поколения оборудования. Графики изменения значений КПД на одну ступень приведены на рис. 9–11.

Данное обновление позволило значительно расширить диапазон гидравлических характеристик насосов (рис. 12) относительно показателей оборудования предыдущего поколения. За счет переработки конструкции рабочих колес у новых моделей увеличилась зона допустимых для эксплуатации подач. Также изменения коснулись и показателей напора каждой из ступеней, вследствие чего напор каждой модели в целом увеличился. ●

Окончание статьи читайте в следующем номере.