

Современные методы проектирования насосного оборудования

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

Окончание. Начало см. АВОК № 6, 2024.

В первой части статьи мы начали рассматривать передовые методы проектирования насосного оборудования, позволяющие существенно повысить энергоэффективность оборудования, продлить срок его службы и тем самым сократить расходы на эксплуатацию.

Еще одно важное достижение – уменьшение габаритных размеров и массы агрегатов относительно предыдущего поколения. Это стало возможным благодаря использованию электродвигателей меньшей мощности при тех же гидравлических характеристиках насосов вследствие повышения энергоэффективности оборудования. Подробное сравнение приведено в табл. 1.

Важным вопросом при проектировании насосов является разгрузка ротора от осевых сил, которые возникают из-за разницы давлений в пазах рабочих колес. В насосах серии CDM для

этих целей была использована запатентованная система разгрузки от осевых усилий, которая позволила разгрузить порядка 60–80 % имеющегося осевого усилия (рис. 13). Такое решение позволило в значительной степени увеличить срок службы подшипников электродвигателя и проточной части для обеспечения надежной работы.

Изменение конструкции монтажа торцевого уплотнения позволило увеличить максимальное рабочее давление до 40 бар, что особенно актуально, учитывая напор новых моделей, который может достигать 260 м и более.

Результаты, которых удалось добиться за счет всех оптимизационных процессов, представлены в табл. 2.

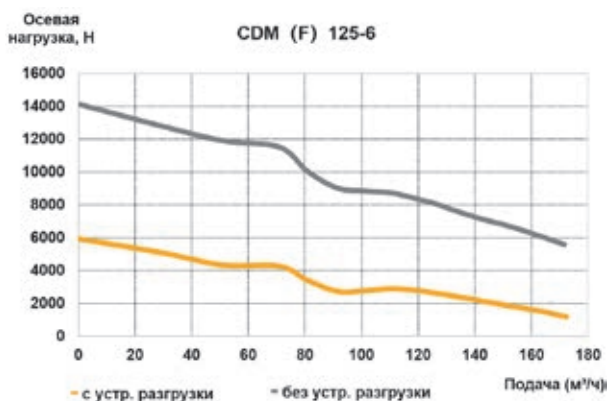
Всего в рамках анонса дополнения серии вертикальных многоступенчатых насосов CDM/CDMF было представлено три новых типоразмера

Таблица 1

Рабочая точка	Модель	Мощность ЭД, кВт	Высота насоса, мм	Масса насоса, кг
95 м ³ /ч – 68 м	CDM(F)85-4-2	30	1549	326
	CDM(F)95-3	22	1433	300
125 м ³ /ч – 76 м	CDM(F)120-4	45	2020	488
	CDM(F)125-3	37	1680	443
155 м ³ /ч – 83,5 м	CDM(F)150-4	55	2120	612
	CDM(F)155-3	45	1730	541

CDM95/125/155, которые включают в себя суммарно 38 новых моделей, детальная информация по которым приведена в табл. 3.

Новые модели серии CDM соответствуют современным европейским стандартам энергоэффективности ($MEI \geq 0,7$). MEI – это безразмерная величина, обозначающая минимальные уровни КПД насоса, достижение которых на соответствующих подачах определяет соответствие насоса предъявляемым требованиям энергоэффективности. На российском рынке насосного оборудования показатель MEI редко учитывается при выборе оборудования, однако в Европейском союзе значения данного показателя регламентированы законодательно. Так, 25 июня 2012 года, в рамках



■ Рис. 13. Сравнение значений осевой силы с использованием разгружающего устройства и без него для модели CDM125-6

Таблица 2

Основные параметры	До оптимизации	После оптимизации	Улучшение показателя
CDM(F)95			
Номинальная подача, м³/ч	85	95	10
Диапазон подач, м³/ч	50–110	45–120	9,1 %
Напор одной ступени, м	19,7	22,7	3
Максимальное количество ступеней	6	8	2
Мощность, кВт	5,5–45	5,5–55	
Максимальный номинальный напор, м	134	175	41
КПД в номинальной подаче, %	77	81,5	4,5
CDM(F)125			
Номинальная подача, м³/ч	120	125	5
Диапазон подач, м³/ч	65–150	60–160	6,7 %
Напор одной ступени, м	19,8	25,3	5,5
Максимальное количество ступеней	7	10	3
Мощность, кВт	11–75	11–110	
Максимальный номинальный напор, м	145	260	115
КПД в номинальной подаче, %	74	83	9
CDM(F)155			
Номинальная подача, м³/ч	150	155	5
Диапазон подач, м³/ч	80–180	75–200	11,1 %
Напор одной ступени, м	20,3	27,8	7,5
Максимальное количество ступеней	6	8	2
Мощность, кВт	11–75	11–110	
Максимальный номинальный напор, м	130	203	73
КПД в номинальной подаче, %	73	82	9

Таблица 3

CDM(F)95 11 новых моделей		CDM(F)125 15 новых моделей		CDM(F)155 12 новых моделей	
Модель	Мощность, кВт	Модель	Мощность, кВт	Модель	Мощность, кВт
CDM(F)95-1-1	5,5	CDM(F)125-1	11	CDM(F)155-1-1	11
CDM(F)95-1	7,5	CDM(F)125-2-2	15	CDM(F)155-1	15
CDM(F)95-2-2	11	CDM(F)125-2-1	18,5	CDM(F)155-2-2	22
CDM(F)95-2	15	CDM(F)125-2	22	CDM(F)155-2	30
CDM(F)95-3-2	18,5	CDM(F)125-3-1	30	CDM(F)155-3-2	37
CDM(F)95-3	22	CDM(F)125-3	37	CDM(F)155-3	45
CDM(F)95-4	30	CDM(F)125-4-2	37	CDM(F)155-4-1	55
CDM(F)95-5	37	CDM(F)125-4	45	CDM(F)155-5-2	75
CDM(F)95-6	45	CDM(F)125-5	55	CDM(F)155-5	75
CDM(F)95-7	55	CDM(F)125-6	75	CDM(F)155-6	90
CDM(F)95-8-2	55	CDM(F)125-7	75	CDM(F)155-7	110
		CDM(F)125-8	90	CDM(F)155-8-2	110
		CDM(F)125-9-2	90		
		CDM(F)125-9	110		
		CDM(F)125-10	110		

реализации Директивы Европейского парламента и Совета 2009/125/EC, Европейским союзом был издан документ Regulations on Ecological Design of Pumps: (EU) № 547/2012. Согласно ему, у трех типов насосов (консольные, вертикальные многоступенчатые, погружные), продаваемых на европейском рынке, показатель MEI должен быть более 0,4.

Также оборудование соответствует американским стандартам ($PEI \leq 1$). PEI (Pump Energy Index) – это используемый в США показатель энергоэффективности насосов. PEI вводится в рамках стандартов, разработанных для улучшения энергетической эффективности различных типов насосов, используемых в коммерческих и промышленных приложениях. PEI предназначен для оценки энергоэффективности насосов по сравнению с базовыми моделями. Это позволяет пользователям выбирать более эффективные насосы, что снижает затраты на электроэнергию и уменьшает воздействие на окружающую среду. PEI рассчитывается как отношение фактической мощности, потребляемой насосом, к мощности, потребляемой базовой моделью насоса. Насосы с PEI менее 1 считаются более эффективными, чем базовые модели. Чем ниже PEI, тем выше энергоэффективность насоса. PEI применяется к различным типам насосов, включая центробежные, вертикальные турбинные

и насосы для подъема воды. Стандарты PEI были введены Департаментом энергетики США (DOE) в рамках программы регулирования энергоэффективности оборудования.

И конечно же, оборудование соответствует китайскому стандарту энергоэффективности GB19762-2007, который устанавливает минимальные требования к эффективности насосов и применяется к различным типам оборудования, используемого в промышленности и в бытовых системах водоснабжения. Этот стандарт был разработан для повышения энергоэффективности насосного оборудования, что способствует снижению потребления энергии и объема выбросов углекислого газа. Согласно стандарту, насосы должны соответствовать определенным уровням эффективности, что позволяет использовать энергию более рационально и снижает эксплуатационные расходы. Стандарт GB19762-2007 помогает потребителям выбирать более эффективные насосы, тем самым стимулируя производителей разрабатывать и внедрять энергосберегающие технологии.

Показатели новой серии насосов CDM:

- **efficiency limit η_2** (показатель эффективности η_2 должен быть не ниже значения ($\eta_0 - 2\%$), где η_0 – это эффективность по стандарту

Таблица 4

Модель	Показатель оценки энергосбережения*, %	Повышение показателя энергосбережения, %	Годовая экономия электроэнергии, 10 000 кВт·ч	Годовое сокращение выбросов CO ₂ , т	Годовая экономия угля, т
CDM(F)95-8-2	73,6	+7,9	4,98	49,18	16,94
CDM(F)125-10	75,2	+7,8	9,48	93,57	32,23
CDM(F)155-8-2	76,5	+5,5	6,67	65,79	22,66

* Расчет показателя оценки энергосбережения рассчитан согласно GB 19762-2007.

Таблица 5

КПД в номинальной подаче	Измеренная величина CDM, %	Другой бренд CR*, %	Другой бренд SV*, %
CDM(F)95	81,5	81	80
CDM(F)125	83	82	78
CDM(F)155	82	82	

* Данные CR- и SV-насосов взяты из каталогов.

GB/T13007 A-line. Это означает, что эффективность насоса должна быть чуть ниже эталонного значения, установленного стандартом)

$$\eta_2 \geq 0,98 \cdot \eta_0;$$

- **energy-saving evaluation value η_3** (эффективность по стандарту GB/T13007 A-line. Это означает, что насосы данной серии должны иметь эффективность, превышающую эталонное значение на 1–2 %, что свидетельствует о высоких энергосберегающих характеристиках)

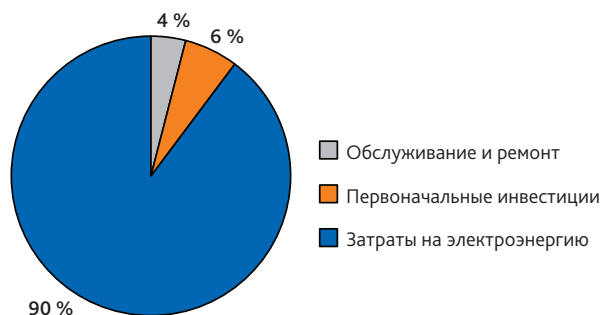
$$\eta_3 \geq 1,01 \cdot \eta_0 \div 1,02 \cdot \eta_0.$$

Согласно данным внутреннего исследования компании CNP, от 64 до 90 % стоимости жизненного цикла насоса приходится на стоимость потребляемой им электроэнергии (рис. 14).

Суммарно за счет оптимизации новых моделей экономия электроэнергии в год может составить до 100 тыс. кВт·ч. Кроме того, повышение эффективности насосов – это не только мера по снижению затрат на электроэнергию, но также и снижение пагубного влияния на экологию (табл. 4).

Это далеко не все необходимые аспекты современного проектирования насосных агрегатов, однако уже сейчас можно говорить, что использование передовых методов проектирования позволило компании CNP создать один из лучших

Статья затрат



■ Рис. 14. Составляющие затрат жизненного цикла насоса

продуктов на мировом рынке. Сравнение с аналогичными насосами ведущих мировых брендов приведено в табл. 5.

Литература

1. Кожухова А. В., Савельев И. Е. Пути повышения энергоэффективности насосных систем // Символ науки. – 2016. – № 11-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-povysheniya-energoeffektivnosti-nasosnyh-sistem> (дата обращения: 16.05.2024).
2. Пространственное детальное 3D-профилирование с помощью программного пакета AXCENT. URL: <http://concepts-nrec.ru/component/content/article/19-cnrec/cae-software/axcent/11-axcent> (дата обращения: 16.05.2024).
3. Михайлов А. К., Малюшенко В. В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. – М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
4. Петров А. И., Конькеев Е. М., Коньшин Д. С. Возможные пути применения аддитивных технологий в области насосостроения // Гидравлика. – 2021. – № 13.
5. Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы. – Ленинград: Машиностроение, 1965. – 364 с.
6. Commission Regulation (EU) No 547/2012 // eur-lex.europa.eu URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32012R0547> (дата обращения: 16.05.2024).