

Д. В. Кимбор, А. В. Дроботов

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: Daniil2001v@gmail.com, alexey.drobotov@gmail.com

Рассмотрены основные достоинства аддитивных технологий в производстве малогабаритных насосов. Предложена оптимизированная конструкция такого насоса, адаптированная для печати на 3D-принтере.

Ключевые слова: малогабаритный центробежный насос, аддитивные технологии и их особенности

D. V. Kimbor, A. V. Drobotov

SMALL-SIZED CENTRIFUGAL PUMP DESIGN OPTIMIZATION, TAKING INTO ACCOUNT ADDITIVE TECHNOLOGIES POSSIBILITIES

Volgograd State Technical University

The main advantages of additive technologies in the production of small pumps are considered. The optimized pump design, adapted for 3D-printing, is proposed.

Keywords: small-sized centrifugal pump, additive technologies and their features

Малогабаритные насосы – это компактные устройства, способные обеспечивать эффективное перемещение жидкости или газа в различных сферах: в промышленности и производстве, в быту и в медицине. Они нашли широкое применение во многих отраслях благодаря своей надежности и удобству использования. Их компактность позволяет экономить пространство и устанавливать их даже в ограниченных условиях. Малогабаритные насосы широко применяют в автомобильной отрасли

для подачи топлива, смазочных материалов и охлаждающих жидкостей в двигателе автомобиля, а также в омывателе стекол.

Традиционные методы производства малогабаритных насосов включают использование стандартных производственных процессов, таких как литье, обработка металла резанием и сборка из деталей. Эти методы имеют свои преимущества, такие как высокая производительность, надежность и относительно низкая стоимость серийного производства. Однако они

также имеют ограничения, такие как трудоемкость производства сложных форм в мелкосерийном производстве и дорогостоящее оборудование.

В данной работе рассмотрена адаптация конструкции малогабаритных насосов для производства аддитивными методами, их технические характеристики, экономика и возможности дальнейшего развития данной области.

При адаптации конструкции для аддитивного производства нужно учитывать ограничения и недостатки этого метода производства [3]. Например, ограничения по размерам, точности, особенностям материалов, используемых для 3D-печати, и их влияние на прочность, жесткость и износостойкость деталей насоса [1].

В целом, адаптация конструкции малогабаритных насосов для производства аддитивными методами может принести значительные пре-

имущества, такие как улучшение производительности, экономия затрат и возможность инноваций в дизайне [2].

Рассмотрим адаптированный насос для аддитивного производства.

Центробежный насос имеет рабочее колесо диаметром 40 мм. Габариты насоса не превышают 60 мм. При создании малогабаритного насоса требовались специализированные решения, которые не всегда возможно реализовать с помощью традиционных методов производства. Центробежный насос имеет сборную конструкцию и состоит из трех основных деталей: рабочее колесо, корпус насоса, задняя крышка с посадочным местом двигателя и уплотнительное кольцо для предотвращения попадания воды к электродвигателю [4]. Двигатель насоса питается от 5-вольтовой сети постоянного тока, имеет малые габариты.

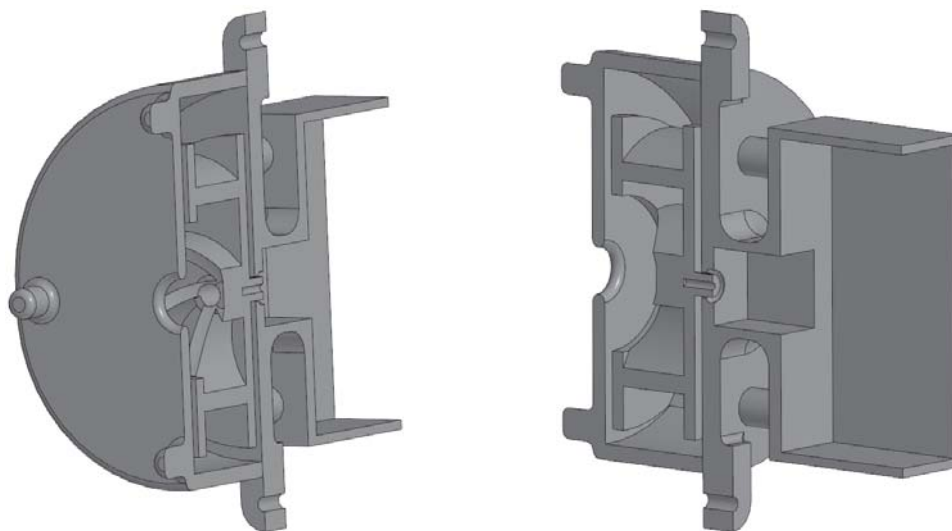


Рис. 1. Малогабаритный центробежный насос. Вид с боку в разрезе

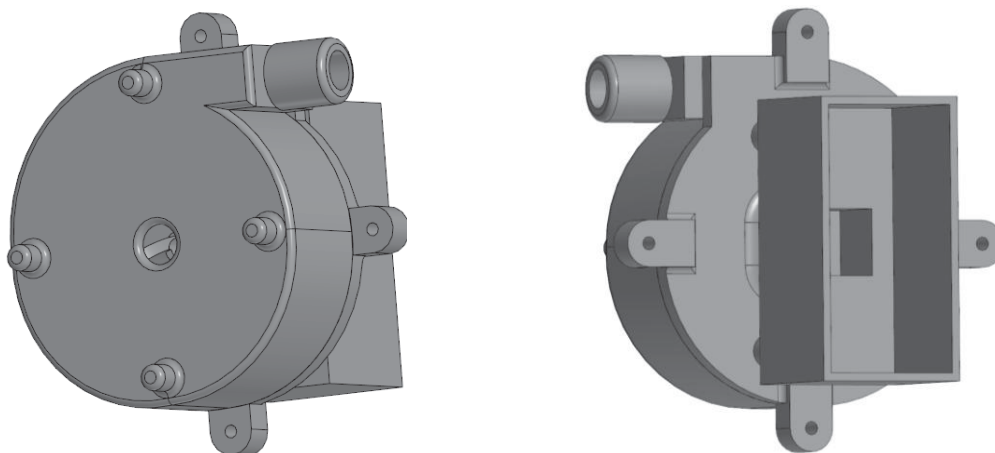


Рис. 2. Вид в сборе центробежного насоса

Рассмотрим отдельно элементы центробежного насоса. Рабочее колесо центробежного насоса является ключевым элементом, которое заставляет жидкость двигаться через насос. Оно функционирует в сложных условиях, и даже небольшая неточность в его изготовлении может привести к серьезным поломкам. Крыль-

чатка состоит из шести лопастей и двух ребер жесткости, имеющих круглую форму. Аддитивные технологии позволяют изготовить крыльчатку одной деталью, что делает ее прочнее. Так же, сложные в изготовлении лопасти печатаются без проблем и не требуют постобработки.

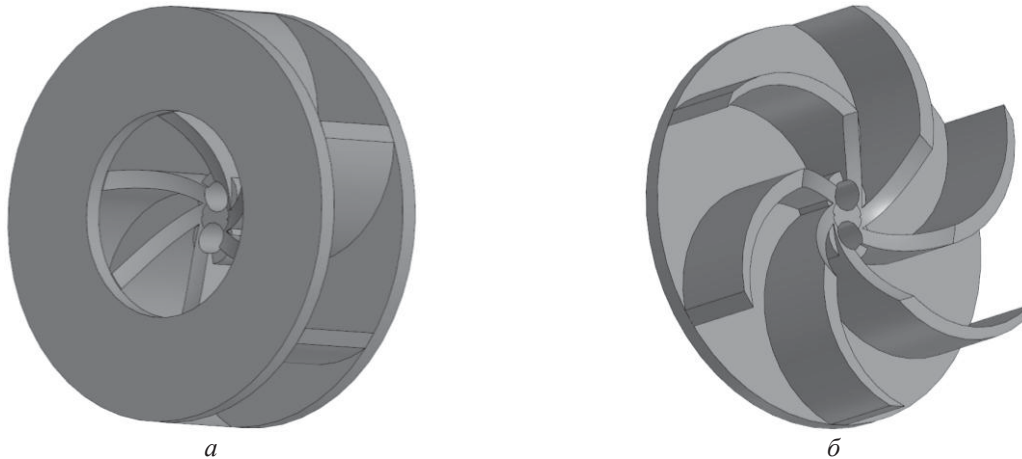


Рис. 3. Рабочее колесо центробежного насоса:
а – с верхним диском; б – без него

Корпус центробежного насоса (рис. 4, а) имеет полость для рабочего колеса, выступы для крепления, отверстие для поступления жидкости в насос, отводящую трубку, которая направляет поток жидкости из рабочей части центробежного насоса и четыре упора для установки на дне резервуара. Аддитивные технологии пропечатаывают отверстия и выступы, которые не требуют дальнейшей ручной обработки. Также корпус насоса изготавливается монолитной частью, правильная ориентация на рабочем столе 3D-принтера позволяет напечатать его с минимальными поддержками.

Задняя крышка центробежного насоса (рис. 4, б) имеет крепления с отверстиями для герметичного и жесткого соединения с корпусом. Также на ней присутствует отверстие с закругленными краями для уплотнителя. На крышке предусмотрено место для установки электродвигателя перпендикулярно оси вращения рабочего колеса. Несмотря на сложную форму, деталь печатается на 3D-принтере как монолитная конструкция.

Особенности выбора параметров 3D-печати. Одной из главных особенностей печати на 3D-принтере является возможность создания объектов практически любой формы и сложности.

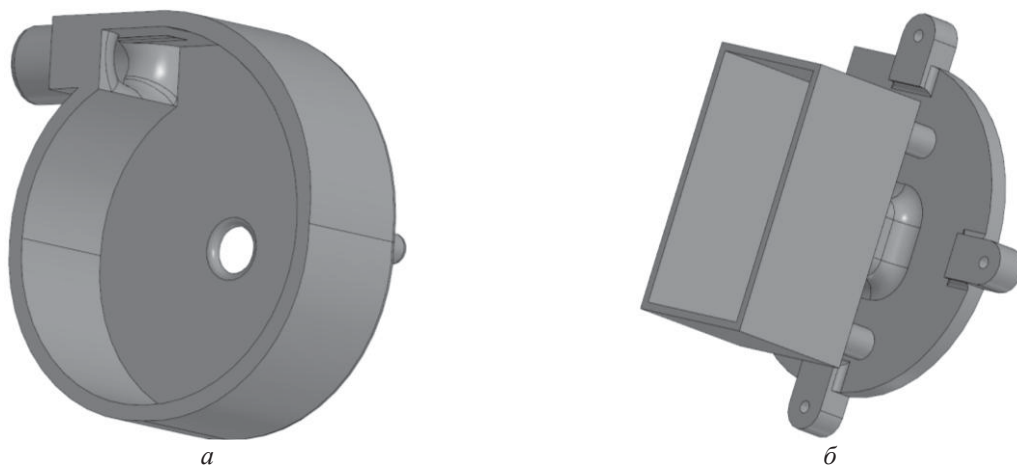


Рис. 4. Детали центробежного насоса:
а – корпус; б – задняя крышка

Технология позволяет получить детали с внутренними полостями, выступающими элементами, а также встроенными элементами крепления или трубопроводами. Это дает возможность производства сложных форм. Однако необходимо учитывать определенные ограничения печати на 3D-принтере.

При выборе материала для печати деталей нужно учитывать среду эксплуатации, устойчивость к износу, рабочие температуры. Например, для печати крыльчатки насоса был выбран материал полиамид (РА). Данный материал прочный и устойчив к износу, так же он обладает химической устойчивостью ко многим веществам.

При проектировании деталей для 3D-печати необходимо учитывать толщину тонких стенок [5]. Так, если толщина стенки составляет менее 6 диаметров сопла, применяемого для печати, то ее толщина должна быть кратна толщине используемого сопла. То есть, если используется сопло диаметром 0,4 мм, то стенки тоньше 2,6 мм должны быть кратны его размеру: 2,4, 2,0, 1,6, 1,2, 0,8 или 0,4 мм. Промежуточные значения толщины использовать не рекомендуется, так как они напечатываются с пропусками.

Важной особенностью 3D-печати являются поддержки. Они представляют собой временные конструктивные элементы, используемые для поддержки нависающих элементов объекта во время печати. Они играют важную роль в предотвращении деформаций, способствуя точности и качественного производства деталей. Поддержки позволяют создавать сложные объекты. Создание правильных поддержек требует опыта и умения разработчика. От правильного расположения поддержек зависит прочность и качество печатаемого объекта. После завершения печати следует удалить поддержки. Важно проследить, чтобы поддержка была удалена полностью, без остатков, которые

могут нарушить функциональность крыльчатки или привести к ее разрушению.

Таким образом, аддитивное производство предоставляет ряд преимуществ для производства малогабаритных насосов: гибкость, высокая точность и детализация, а также сокращение времени и затрат – все это делает 3D-печать хорошим методом для единичного и мелкосерийного изготовления качественных насосов. В будущем, с развитием технологий аддитивного производства, можно ожидать еще большего увеличения эффективности и применимости этого метода в данном производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алгоритм деления объемной модели на слои для 3D-печати / И. А. Гущин, А. Р. Авдеев, А. А. Швеиц, А. В. Дроботов // Известия Тульского гос. ун-та. Технические науки. – 2016. – Вып. 11, ч. 2. – С. 99–105.
2. Анализ способов повышения производительности устройств объемной печати для изготовления сборочных изделий / А. В. Дроботов, А. Р. Авдеев, А. А. Швеиц // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2015. – № 11. – С. 3–6.
3. Модуль «Производство» в программном комплексе «Виртуальный 3D-принтер 1.0» / Е. А. Сеницын, О. И. Бритова, В. В. Попов [и др.] // Супервычисления и математическое моделирование : тр. XVIII междунар. конф., Саров, 23–26 мая 2022 года. – Саров : Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики – Российский федеральный ядерный центр, 2023. – С. 391–399. – DOI 10.53403/9785951505279_2023_391_399. – EDN YCWDTW.
4. Производство манжетных уплотнений поршня методами 3D- и 5D-печати / И. С. Торубаров, А. В. Дроботов, И. А. Гущин [и др.] // Аддитивные технологии: настоящее и будущее : матер. VII Междунар. конф., Москва, 07–08 октября 2021 года. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», 2021. – С. 120–133. – EDN WALGTG.
5. Шеметов, Л. И. Трансформация геометрии образца для механических испытаний конструкционных материалов в FDM-структуре / Л. И. Шеметов, В. Б. Распопина, А. С. Чернышков // iPolytech Journal. – 2022. – Т. 26, № 3. – С. 386–400. – DOI 10.21285/1814-3520-2022-3-386-400. – EDN PSJDTZ.