

Д. В. Кимбор, А. В. Дроботов

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО МЕМБРАННОГО 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 мембранного насоса, адаптированная для печати на 3D-принтере.

Ключевые слова: малогабаритный мембранный насос, аддитивные технологии и их особенности, 5D-печать эластичными материалами

D. V. Kimbor, A. V. Drobotov

SMALL-SIZED DIAPHRAGM PUMP DESIGN OPTIMIZATION, CONSIDERING THE CAPABILITIES OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

Volgograd State Technical University

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

Keywords: small-sized diaphragm pump, additive technologies and their features, 5D-printing with elastic materials

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 пространствах. Малогабаритные насосы широко применяют в автомобильной отрасли для подачи топлива, смазочных материалов и ох-

лаждающих 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 мелкосо-

рийном производстве и дорогостоящая производственная оснастка.

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

При адаптации конструкции для аддитивного производства нужно учитывать ограничения и недостатки этого метода производства [0].

Например, ограничения по размерам, точности, особенностям материалов, используемых для 3D-печати, и их влияние на прочность, жесткость и износостойкость деталей насоса [0].

В целом, адаптация конструкции малогабаритных насосов для производства аддитивными методами может принести значительные преимущества, такие как улучшение производи-

тельности, экономия затрат и возможность инноваций в дизайне.

Рассмотрим адаптированный мембранный насос для аддитивного производства.

Основным рабочим органом мембранного насоса является мембрана диаметром 60 мм. Габариты насоса при этом не превышают 65 мм. При создании малорасходного мембранного насоса требовались специализированные решения, которые не всегда возможно реализовать с помощью традиционных методов производства. Предложенная конструкция мембранного насоса (рис. 1) состоит из четырех основных деталей: мембраны диаметром 60 мм, распределительного механизма, задней крышки с креплением для электромотора, передней крышки с креплением для приводного механизма. А также, из вспомогательных элементов: штока, шатуна, кривошипа и двух шариков.

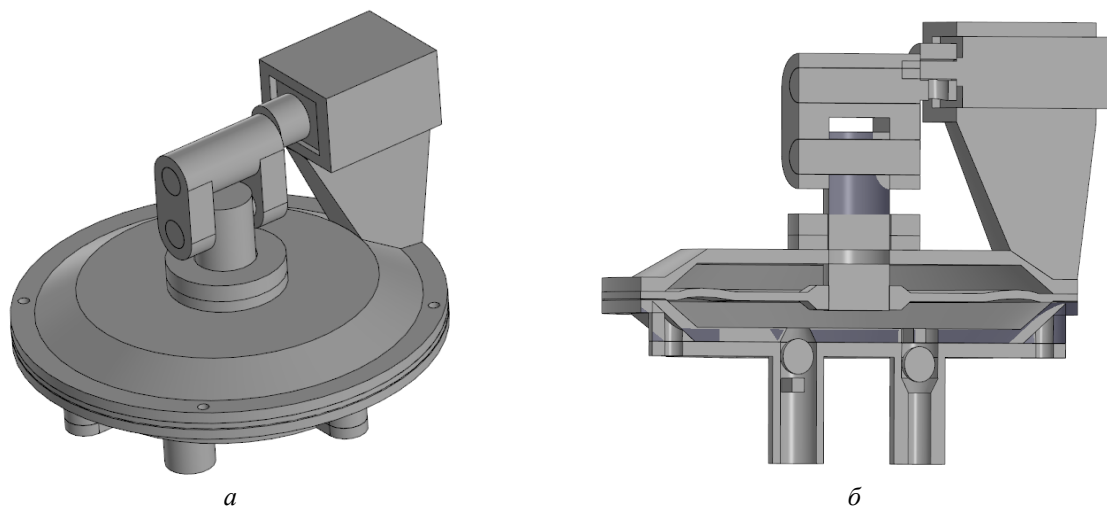


Рис. 1. 3D-сборка прототипа мембранного насоса:
а – вид в сборе; б – вид в разрезе

Корпус и детали мембранного насоса рационально печатать из материал *PETG*, потому что он обладает достаточной прочностью и ударной стойкостью, что делает его подходящим для механических компонентов, которые могут подвергаться нагрузкам в процессе эксплуатации. Во-вторых, материал устойчив к воздействию различных химических веществ, что особенно важно в насосах, работающих с агрессивными жидкостями.

Температурная стабильность *PETG* позволяет ему сохранять свои свойства при высоких температурах, что критично для надежной работы насоса. Кроме того, материалом *PETG* легко печатать, он менее склонен к деформации

по сравнению с *ABS* и не требует специальных условий, таких как закрытая камера для печати.

При проектировании деталей для 3D-печати необходимо учитывать толщину тонких стенок [0]. Так, если толщина стенки составляет менее 6 диаметров сопла, применяемого для печати, то ее толщина следует устанавливать кратно 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 напечатаются с пропусками.

Важной особенностью 3D-печати являются поддержки. Они представляют собой времен-

ные вспомогательные элементы, используемые для поддержки нависающих элементов объекта во время печати. Они играют важную роль в предотвращении деформаций, способствуя точности и качеству 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 компонентов насоса.

Печать мембранных компонентов в 5D-режиме имеет несколько значительных преимуществ. Во-первых, 5D-печать позволяет создавать более сложные и детализированные геометрические формы, что особенно важно для мембран, которые могут иметь специфические требования к форме и структуре. Это обеспечивает лучшую адаптацию к условиям эксплуатации и повышает функциональность.

Во-вторых, использование 5D-технологии печати увеличивает точность и качество печати,

что особенно важно для мембран, требующих высокой степени детализации и точности в размерах. Это позволяет минимизировать отходы и улучшить характеристики готовых изделий.

Третьим преимуществом является возможность использования различных материалов в одном процессе. 5D-печать может комбинировать разные типы полимеров, что позволяет создавать мембраны с уникальными свойствами, такими как гибкость, прочность и устойчивость к химическим воздействиям.

Кроме того, 5D-печать сокращает время на производство, так как позволяет выполнять комплексные операции за один проход, что особенно актуально для серийного производства. Наконец, возможность интеграции различных функций в одну деталь снижает необходимость в сборке из нескольких компонентов, упрощая процесс и повышая надежность конечного продукта.

Технология 5D-печати дает возможность печатать мембраны (рис. 2) непосредственно на штоке, что улучшит качество ее адгезии к штоку и предотвратит возможность ее отслаивания от основания штока.

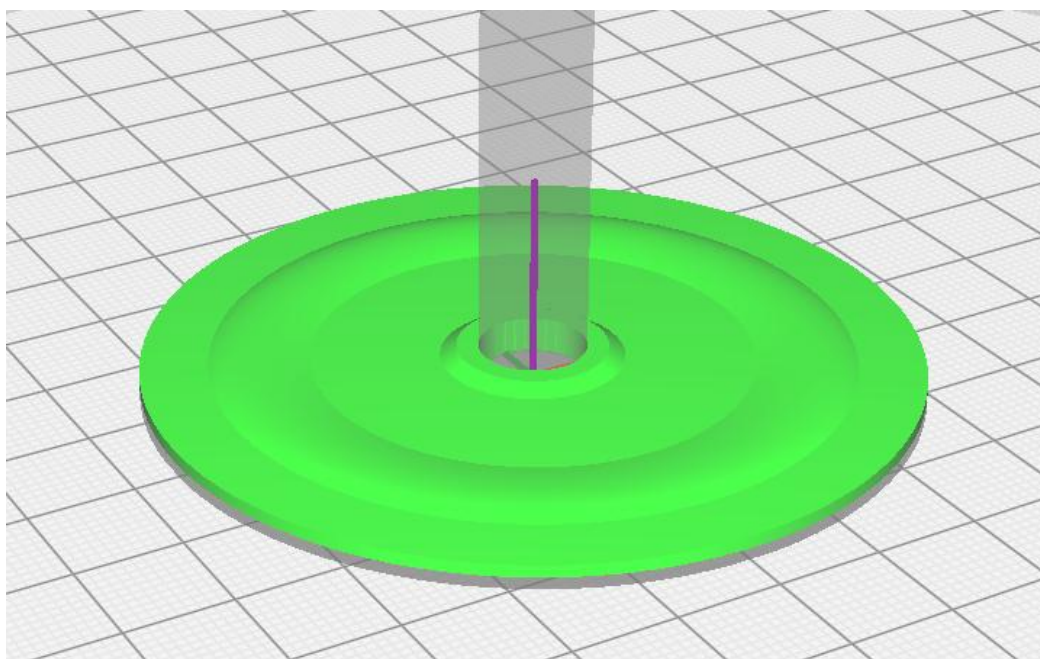


Рис. 2. Расположение мембраны на штоке для 5D-печати

Мембрана должна быть достаточно гибкой и эластичной для обеспечения эффективного сжатия и расширения в процессе работы насоса. Для печати мембраны будем использовать материал серии *SealantTPU A95*, т.к. он обладает высокой химической стойкостью к раство-

рам кислот и щелочей, жирам, маслам, ксилолу, дизельному топливу, способен работать в повышенных температурных режимах.

Таким образом, аддитивное производство предоставляет ряд преимуществ для производства малогабаритных насосов: гибкость, высо-

кая 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. Швец, 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. Швец // 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.