

– для систем низкого (до 12 МПа) давления при потребляемых расходах – от $(0,3-0,5)Q_{\max}$ до Q_{\max} ;

– для систем среднего давления (от 12 до 20 МПа) – от $(0,5-0,7)Q_{\max}$ до Q_{\max} ;

– для систем высокого давления (свыше 20 МПа) – от $0,7Q_{\max}$ до Q_{\max} при использовании в системе с объемной адаптацией самовсасывающего насоса и приблизительно от $0,6Q_{\max}$ до Q_{\max} – при использовании несамовсасывающего насоса.

При большем диапазоне изменения суммарного настроенного расхода более энергетически выгодными оказываются гидросистемы с объемной адаптацией к нагрузке.

Литература

1. Гинзбург, А. А. Дроссельное регулирование в гидросистемах и адаптация гидропривода к нагрузке (LS-принцип) : курс лекций для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / А. А. Гинзбург. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 77 с.
2. Гинзбург, А. А. Сравнение эффективности гидравлических систем с объемной и клапанной адаптацией к нагрузке по уровню потерь мощности. / А. А. Гинзбург // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апр. 2014 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2014. – С. 30–33.
3. Гинзбург, А. А. Сравнение однопоточных гидросистем с объемной и клапанной адаптацией к нагрузке по уровню потерь мощности / А. А. Гинзбург, Д. Л. Стасенко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 3 (44). – С. 67–74.
4. Гинзбург, А. А. Направления повышения энергетической эффективности гидравлических LS-систем с клапанной адаптацией к нагрузке / А. А. Гинзбург, Ю. А. Андреевец // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-й Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 17 нояб. 2021 г. / Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель, 2021. – С. 75–83.

УДК 62-33

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ДРОССЕЛИРУЮЩЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕ В ПРОГРАММЕ KompasFlow

А. В. Ковалев, Ю. А. Андреевец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Выполнена твердотельная модель дросселирующего распределителя типа РАМ в графической системе трехмерного моделирования КОМПАС-3D. Применение данного программного продукта сокращает сроки разработки новой продукции, снижает себестоимость и повышает качество выпускаемых изделий. В последних версиях программы встроено приложение KompasFlow, которое позволяет производить экспресс-анализ геометрии деталей устройства на ранних этапах проектирования. Выделена проточная часть распределителя, установлены граничные условия, созданы визуализационные слои, получены результаты расчета и распределение скоростей в дросселирующих канавках. Установлено, что приложение KompasFlow можно использовать для исследования скорости жидкости через сложную геометрию внутренних проточек в гидравлических аппаратах.

Ключевые слова: приложение KompasFlow, моделирование течения жидкости, дросселирующий распределитель

LIQUID FLOW SIMULATION IN THROTTLE DISTRIBUTOR IN KompasFlow SOFTWARE

A. V. Kovalev, YU. A. Andreyevets

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

A solid-state model of a PAM-type throttling distributor has been made in the KOMPAS-3D graphical three-dimensional modeling system. The use of this software product reduces the development time for new products, reduces the cost and improves the quality of manufactured products. In the latest versions of the program, the KompasFlow application is built-in, which allows you to perform a rapid analysis of the geometry of device parts at the early stages of design. The flow part of the distributor was identified, boundary conditions were established, visualization layers were created, calculation results and velocity distribution in the throttling grooves were obtained. It is established that the KompasFlow application can be used to study the liquid velocity through the complex geometry of internal grooves in hydraulic devices.

Keywords: KompasFlow app, liquid flow simulation, throttling valve.

Система КОМПАС-3D предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе проектированного ранее прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства [1].

Приложение KompasFlow представляет собой интегрированный в КОМПАС-3D инструмент экспресс-анализа аэрогидродинамики проектируемого устройства. KompasFlow обладает простым интерфейсом для экспресс-анализа устройства на ранних этапах его проектирования и позволяет сделать первичную оценку влияния вносимых изменений в геометрию устройства на его эффективность [2].

Целью данной работы является изучение возможностей программного обеспечения KompasFlow для моделирования течения жидкости в гидравлической аппаратуре. Подобное моделирование применяется для поиска уязвимых участков конструкции гидроаппарата, проверки рабочих характеристик на этапе проектирования.

В рамках исследования было проведено моделирование течения жидкости в напорной линии дросселирующего распределителя типа РАМ со следующими характеристиками: давление на входе – 32 МПа; расход рабочей жидкости – 250 л/мин; диаметр условного прохода – 20 мм [3]. Выполнена твердотельная модель дросселирующего распределителя (рис. 1, а).

В системе KompasFlow расчетной областью является объем жидкости внутри элементов конструкции, поэтому для расчета необходимо выделить данную область внутри корпуса дросселя как самостоятельный замкнутый объем. Для решения данной задачи при помощи стандартных инструментов КОМПАС-3D была проведена операция выделения проточной части. Так как в данном исследовании золотник находится в положении, когда линия подвода P соединена с рабочей линией A (левое положение, рис. 1, б), то для построения проточной области используем только этот канал (рис. 1, в, г).

В качестве рабочей среды задается масло индустриальное И-46ПВ со следующими характеристиками: вязкость – 0,035 кг/(м · с); плотность – 877 кг/м³; температура рабочей среды – 40 °С; теплопроводность – 0,136 Вт/(м · К); удельная теплоемкость – 1950 Дж/(кг · К).

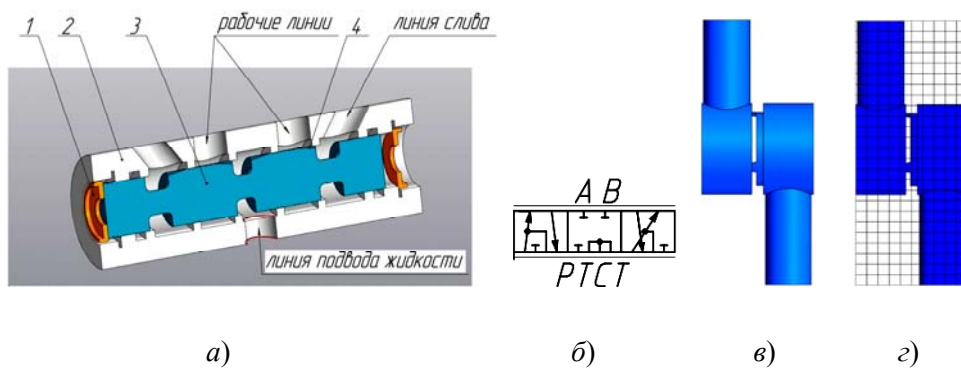


Рис. 1. Твёрдотельная модель дросселирующего распределителя:
 а – разрез по оси; б – условное графическое обозначение;
 в – модель проточной полости; г – расчетная сетка;
 1 – упорное кольцо; 2 – корпус; 3 – золотник;
 4 – дросселирующая проточка

Были установлены следующие граничные условия: вход, выход, стенка, для которых заданы массовый расход на входе 3,65 кг/с и давление на выходе – 31 МПа.

Для визуализации были созданы визуализационные слои (рис. 2): сечение по расчетной сетке; распределение векторов скоростей; линии тока при течении; скорость в основной плоскости (сечение по оси золотника) и скорость в проточке (в плоскости, перпендикулярной оси золотника и проходящей через вход жидкости в дросселирующую канавку).

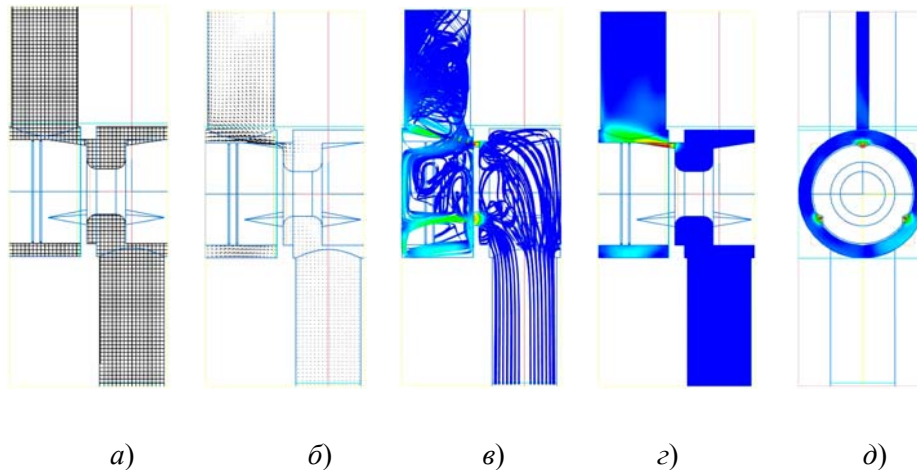


Рис. 2. Визуализационные слои:
 а – расчетная сетка; б – векторы; в – линии тока; г – скорость
 в основной плоскости; д – скорость в дросселирующей канавке

Приложение KompasFlow за счет встроенного решателя позволяет наблюдать течение жидкости, определять без длительных математических расчетов величины скоростей и их распределение по сечению (рис. 3). В данном случае при заданном расходе через золотник – 250 л/мин и диаметре условного прохода – 20 мм скорости течения через дросселирующие пазы в наиболее узком сечении достигают 450 м/с. Кроме того, в верхней дросселирующей канавке скорости больше, чем в боковых канавках из-за траектории течения жидкости в проточной области распределителя.

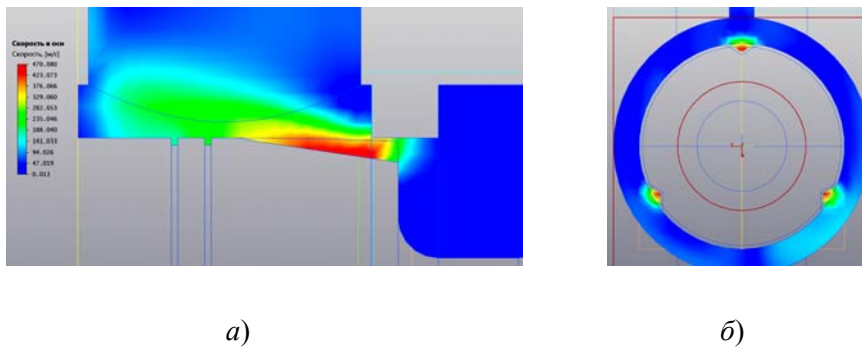


Рис. 3. Результат расчета:
a – распределение скоростей в основной плоскости;
б – распределение скоростей в дроселирующей канавке

Данное приложение позволяет визуализировать течение потока жидкости (слой «линии тока») с помощью трех режимов отрисовки: линии, ленты и трубки. Причем первый режим является менее энергозатратным. Данный слой позволяет наблюдать развитие течения жидкости через аппарат во времени (рис. 4).

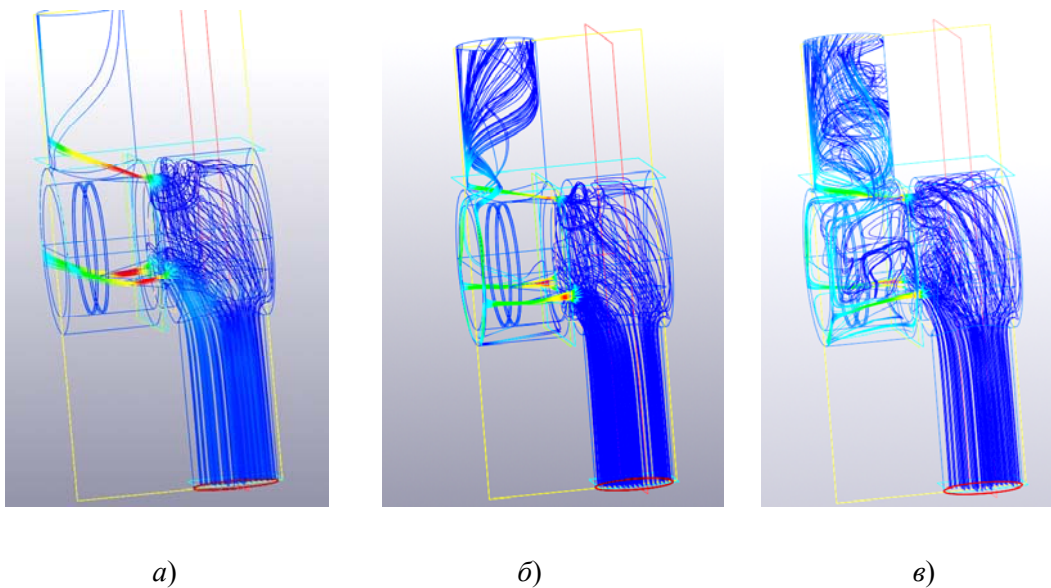


Рис. 4. Линии тока:
a – в первоначальный момент; *б* – в промежуточный момент расчета;
в – в установившемся режиме

Таким образом, применение приложения KompasFlow позволяет с достаточной точностью определять распределение скоростей внутри потока жидкости, визуализировать течение жидкости в гидравлических аппаратах, производить анализ геометрии проточной части гидроаппаратов, определять наличие конструктивных элементов детали с более высокой вероятностью разрушения и производить оперативное изменение конструкции без изготовления опытного образца и проведения длительных ресурсных испытаний. Однако данное приложение некорректно производит расчет давления при течении жидкой среды, так как разработано для моделирования течения газообразных потоков.

Литература

1. КОМПАС-3D V17 : рук. пользователя / АСКОН – Системы проектирования. – СПб. : ОАО «Аскон – Системы проектирования», 2017. – 2920 с.
2. Kompas Flow. Система гидродинамического и термодинамического экспресс-анализа для КОМПАС-3D : рук. пользователя / АСКОН – Системы проектирования. – СПб. : ОАО «Аскон – Системы проектирования», 2018. – 2920 с.
3. Распределители гидравлические секционные типа РАМ-20/3 : каталог изделий Гомел. ОАО «ГСКТБ ГА». – Гомель : ОАО «ГСКТБ ГА», 2010.

УДК 004.9

**ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА PLA НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ИЗДЕЛИЙ,
НАПЕЧАТАННЫХ НА 3D-ПРИНТЕРЕ**

А. А. Михальченко

*Учреждение образования «Белорусский государственный
университет транспорта», г. Гомель*

В последнее время количество принтеров для потребителей стремительно увеличивается, и они составляют большую часть рынка 3D-принтеров. Среди них преобладают принтеры с открытым исходным кодом RepRap. Эти принтеры имеют потенциал для использования в более масштабном производстве. Недавнее исследование показало, что детали, напечатанные на принтере с технологией RepRap, могут соответствовать и даже превосходить по производительности и прочности на разрыв при использовании тех же полимеров коммерческие 3D-принтеры, использующие запатентованную технологию FDM. Однако прочность на разрыв набора образцов, изготовленных на принтерах с технологией RepRap, колеблется. Чтобы объяснить эти колебания, в данном исследовании определяется влияние цвета и температуры обработки на свойства материала Lulzbot TAZ, полученного из PLA пяти различных цветов.

Ключевые слова: механические свойства; распределенное производство; RepRap; цвет пластика; кристалличность.

**THE EFFECT OF PLA COLOR ON THE PROPERTIES
OF MATERIALS OF PRODUCTS PRINTED ON A 3D PRINTER**

A. A. Mikhalchenko

Educational Institution “Belarusian State University of Transport”, Gomel

Recently, the number of printers for consumers has been rapidly increasing, and they make up a large part of the 3D printer market. RepRap open source printers are among them. These printers have the potential to be used in larger scale production. A recent study has shown that the details printed on a printer with RepRap technology can match and even exceed in performance and tensile strength when using the same polymers, commercial 3D printers using the patented FDM technology. However, the tensile strength of a set of samples made on printers with RepRap technology varies. To explain these fluctuations, this study determines the effect of color and processing temperature on the properties of the Lulzbot TAZ material obtained from PLA of five different colors of colors.

Keywords: mechanical properties; distributed production; RepRap; plastic color; crystallinity.

В настоящее время на рынке представлено множество различных материалов для трехмерной печати, включая ABS, нейлон, поликарбонат, полиэтилен высокой плотности, высокопрочный полистирол, PLA (полилактид) и др. PLA стал одним из фаворитов среди пользователей потребительских 3D-принтеров. PLA имеет отно-