

Из данных рис. 1 и кинетики фазового разделения образцов следует, что по критерию фазовой стабильности наиболее оптимальным является состав ВНЭ, отвечающий образцу № 2. Степень разрушения такой ВНЭ при 70 °С составила 2 % за 12 ч и 56,5 % – за 24 ч. Эмульсия этого состава может быть рекомендована к опытно-промышленным испытаниям.

Таким образом, внедрение новых высокоэффективных технологий глушения скважин в совокупности с другими проводимыми работами и имеющимися техническими, экономическими и интеллектуальными предпосылками позволит добиться максимально возможного сохранения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов и улучшить технико-экономические показатели разработки залежей.

#### Литература

1. Классификация трудноизвлекаемых запасов углеводородов Припятского прогиба и основные проблемы их разработки / П. П. Повжик, А. Н. Цыбранков, С. П. Стельмашок, Н. А. Демяненко // Нефтяник Полесья. – 2018. – № 1. – С. 84–91.
2. Атвиновская, Т. В. Роль жидкостей глушения в процессе ремонта скважин / Т. В. Атвиновская // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2018. – № 2. – С. 34–41.
3. Бруй, Л. К. Буровые и тампонажные растворы : учеб. пособие / Л. К. Бруй, Н. В. Шемлей, Т. В. Атвиновская. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 135 с.
4. Исламов, Ш. Р. Обоснование технологии глушения нефтяных скважин перед подземным ремонтом в условиях трещинно-поровых карбонатных коллекторов : дис. ... канд. техн. наук : 25.00.17 / Исламов Шамиль Расихович ; С.-Петерб. гор. ун-т. – СПб., 2020. – 120 с.

### **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПАС-3D АНИМАЦИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЗАИМНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА С НАКЛОННЫМ БЛОКОМ**

**Д. А. Клевжиц**

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

Научный руководитель Ю. А. Андреевец

*Исследовано применение системы КОМПАС-3D Анимация, предназначенной для анализа взаимного движения деталей при проектировании аксиально-поршневого гидронасоса (АПГН) с наклонным блоком. Использование анимации позволяет визуализировать работу механизма, выявить возможные ошибки в конструкции и повысить точность проектирования.*

**Ключевые слова:** анимация, компоненты, 3D-модели, насос, проектирование.

Сценарий анимации – последовательность шагов, соответствующих отдельным перемещениям компонентов сборки. Каждому шагу могут соответствовать различные виды и параметры движения деталей, которые можно задавать последовательно или параллельно [1].

Как аналог для проектирования задан АПГН 210.56 (рис. 1).

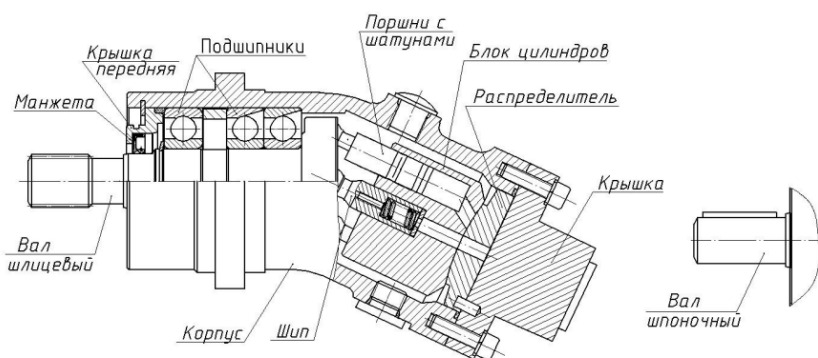


Рис. 1. АПГН 210.56 с наклонным блоком, нерегулируемый

На начальном этапе выполнены расчеты геометрических параметров деталей насоса: блока цилиндров, вала, торцевого распределителя, поршня и т. п. [2]. Выполнены прочностные расчеты вала, подшипников, шпоночного, резьбовых соединений и др. Также подбираются стандартные изделия: уплотнительные и стопорные кольца, болты с шайбами, винты и т. д. На основании проведенных расчетов создаются 3D-модели деталей, учитывая их точность, допуски и посадки (рис. 2, а–з).

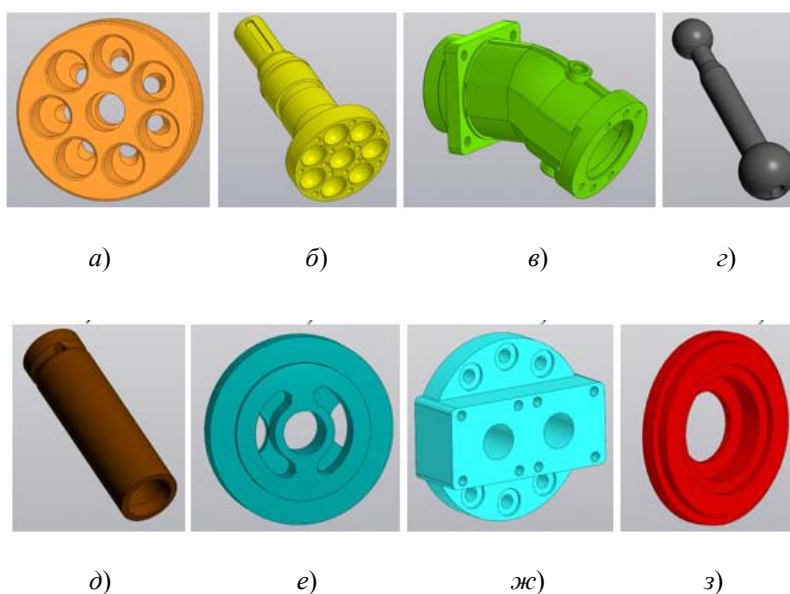


Рис. 2. 3D-модели деталей проектируемого насоса:  
а – блок цилиндров; б – вал; в – корпус; г – шатун; д – поршень;  
е – торцевой распределитель; ж – крышка задняя; з – крышка передняя

Анимации сборки насоса выполняется в следующей последовательности. В рабочее поле сборки добавляются все созданные 3D-модели деталей как специальные, ранее рассчитанные (рис. 2, а–з), так и различные крепежные изделия (болты, винты, штифт и шайбы), уплотнения (стопорные и уплотнительные кольца, манжета), пробки, подшипники качения и шпонка. При этом компоненты первоначально разносятся на некоторой расстоянии от основной системы координат, применяя в процессе компоновки насоса позиционирующие сопряжения и располагая рабочие органы насоса под заданным углом к валу насоса (рис. 3).

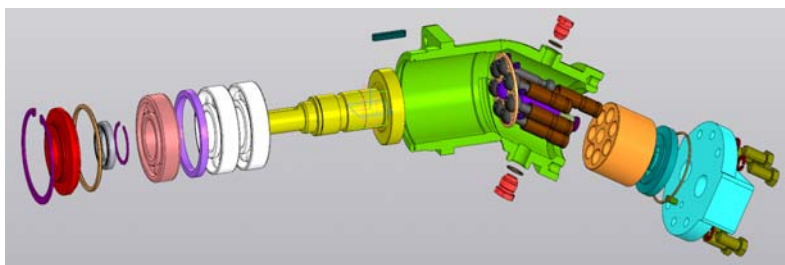


Рис. 3. Расстановка компонентов

Каждому добавленному компоненту назначаются траектории для задания прямолинейного или криволинейного движения (рис. 4). Начальная точка траектории ставится от той грани, от которой начинается движение, а конечная точка – в той пространственной координате, где должна находиться эта грань при перемещении по траектории.

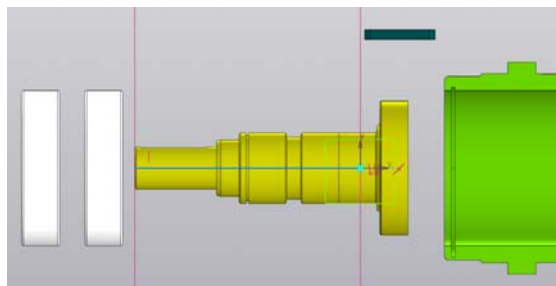


Рис. 4. Построение траекторий

После построения траектории создается файл анимации сборки. Последовательно задаются шаги, в которые будут входить добавление компоненты и их ракурсы изображения (рис. 5). Также добавляются построенные траектории перемещения с определенным направлением и временем (или скоростью) движения. Шаги задаются по порядку сборки насоса, начиная с шатунов и заканчивая шпонкой. Для крепежных изделий и трубопроводных соединений дополнительно придается вращение вокруг своей оси, чтобы имитировать их вкручивание с установленными параметрами движения.

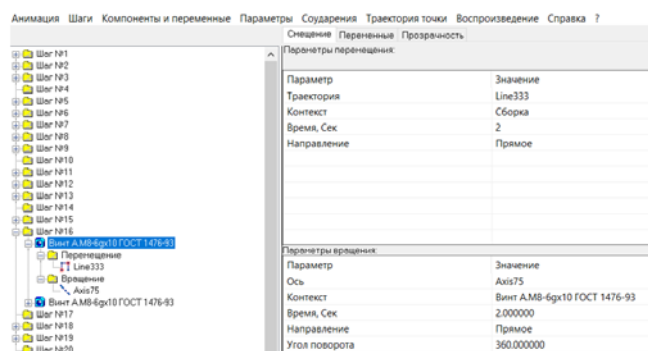


Рис. 5. Создание анимации сборки

При создании анимации сборки могут возникнуть проблемы с сопряжениями компонентов (они могут «перелетать» или двигаться не по траектории); с последовательностью шагов (шаги должны задаваться в соответствии с добавлением компонентов, иначе они будут двигаться некорректно); со скоростью и временем анимации (из-за разных размеров компонентов и соответственно траекторий, скорость их движения может быть слишком высокой или слишком низкой).

Анимация позволяет «отслеживать» коллизии, т. е. определять соударения компонентов в процессе движения. Этот механизм полезен при кинематическом анализе сборки. Команда «Соударение» позволяет определять «наложение» компонентов друг на друга в процессе движения, что позволяет находить ошибки в проектированных деталях и построенных траекториях. В настройках системы можно определить, останавливать ли анимацию при выявлении соударений.

При отсутствии коллизий фиксируется сценарий анимации сборки насоса со всеми взаимодействиями, получая полностью собранный насос (рис. 6).

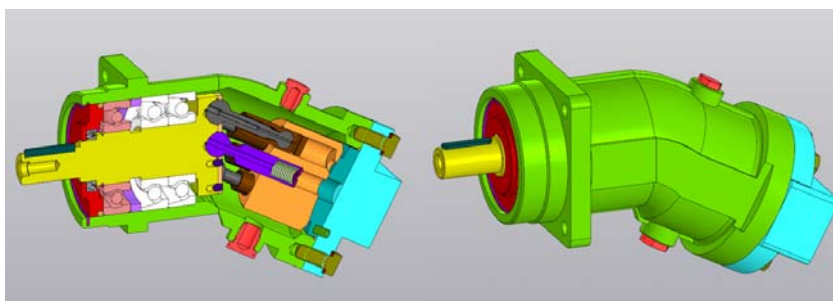


Рис. 6. Насос в сборе

После сборки насоса создается анимация его работы. Задаются шаги, в которые войдет основной комплект деталей для имитации работы насоса (рис. 7). Устанавливаются сопряжения между гнездами на фланце вала, поршнями, блоком цилиндров и т. д. Задаются направление, частота вращения и угол поворота деталей. Также устанавливается прозрачность блока цилиндров, чтобы детально наблюдать перемещение поршней и изменение рабочих камер в процессе работы.

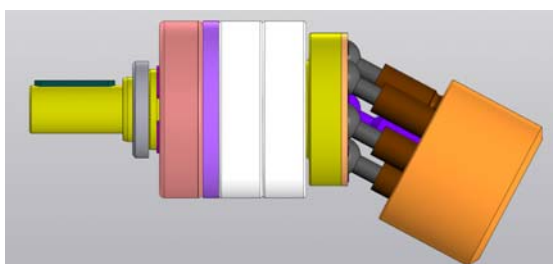


Рис. 7. Комплект деталей для анимации работы насоса

При создании анимации работы могут возникнуть проблемы с синхронизацией движения (поршни, вал, подшипники и т. д. должны двигаться согласовано, малейшее смещение сделает анимацию некорректной); с сопряжениями (важно точно задать зависимости и вращения, чтобы избежать неестественного движения и пересечения деталей); с циклической анимацией (повторяющиеся движения могут «сбиваться», если задать не точные параметры вращения).

При отсутствии ошибок и коллизий анимация будет полностью имитировать движение проектируемого насоса.

Использование КОМПАС-3D Анимация позволяет наглядно продемонстрировать движение механизмов, визуализировать работу отдельных узлов и компонентов, а также выявить потенциальные проблемы в их взаимодействии.

#### Литература

1. Механика: Анимация. Машиностроительное приложение / САПР Компас-3D. – URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/animation/>.
2. Объемные гидро- и пневмомашины : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / Д. В. Лаевский, Ю. А. Андреевец. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 137 с.

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В. Ю. Писарев

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

Научный руководитель И. И. Злотников

*Рассмотрена технология нанесения оксидно-керамических покрытий на изделия из алюминиевых сплавов методом микродугового оксидирования. Процесс проводили на переменном токе частотой 50 Гц при постоянной плотности тока  $6 \text{ А/дм}^2$  с использованием щелочно-силикатного электролита. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению коррозионной стойкости полученных покрытий, в том числе в условиях контактной коррозии. Установлено, что покрытие успешно защищает поверхность алюминиевых деталей от различных видов коррозии. Отмечено, что особенно эффективно применение оксидно-керамических покрытий в условиях контактной коррозии «алюминий–сталь».*

**Ключевые слова:** микродуговое оксидирование, алюминиевые сплавы, контактная коррозия, коррозионностойкие покрытия.

Технология микродугового оксидирования (МДО) заключается в том, что под действием высокого напряжения, создаваемого между находящейся в электролите деталью (анодом) и катодом, на поверхности детали возникают мигрирующие точечные микродуговые разряды, под действием которых поверхностный слой детали оксидируется с образованием керамического покрытия, прочно сцепленного с основой. Получаемое покрытие состоит преимущественно из кристаллического оксида материала анода – для алюминия это  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  во внутренних слоях покрытия и муллит ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) – во внешних. Такие покрытия обладают повышенной твердостью, износостойкостью, высокими диэлектрическими свойствами и находят применение в различных областях техники. Регулируя составы электролита и режимы проведения оксидирования, можно получать антикоррозионные и износостойкие, декоративные и изоляционные, теплозащитные и упрочняющие покрытия. В настоящее время МДО считается наиболее перспективным способом модифицирования поверхности деталей из алюминиевых сплавов, так как позволяет получать покрытия с более высокими физико-химическими и механическими свойствами по сравнению с другими методами [1].