

sure in the collision zone of the oncoming jets, which leads to a decrease in the pressure drop at the inlet and outlet of the nozzles and, as a result, to a decrease in the injection coefficient.

The quality of mixing increases with increasing speed of collision of the jets, which occurs when the supply pressure of the main component at the inlet to the mixer increases. In general, the results of the study indicate the high promise of this type of mixer, since the specific energy consumption of the process is 3-4 times less than that of classical capacitive mixing devices.

The results can be used to build an analytical model of counterflow jet mixers, dispersants and other hydraulic devices.

#### Literature

1. Gang Pan An experimental study of turbulent mixing in a tee mixer using PIV and PLIF/ Gang Pan, Hui Meng // *AIChE Journal*. – 2001. – Vol. 47, Issue 12. – P. 2653–2665.
2. Daas M. Submerged jet mixing in nuclear waste tanks: a correlation for jet velocity / M. Daas, R. Srivasta, D. Roeltan // *WM Symposia*. – 2007. – Vol. 41, Issue 14. – P. 9.
3. Joshua Jacob Engelbrecht Optimization of a hydraulic mixing nozzle Iowa State University, 2007. – 65 p.
4. Самойчук К. О. Визначення відстані між соплами форсунок протитечійно-струминного змішувача безалкогольних напоїв/ К. О. Самойчук, О. В. Полудненко, В. Г. Циб // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: науково-фахове видання / ТДАТУ*. – Мелітополь, 2015. – Вип. 15., т.1. – С. 30 – 38.
5. Experimental investigations of sugar concentration for counterflow jet mixing of drinks / К. Samoichuk [и др.] // *Technology audit and production reserves: науч. журн./Полтав. гос. аграр. академия.*–Харьков, 2017.– Т.2, № 3. – С. 41–46.

УДК 621.8

### **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

**Крот А.М.<sup>1</sup>**, д.т.н., профессор, **Авраменко П.В.<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент,

**Вабищевич А.Г.<sup>2</sup>**, к.т.н., доцент, **Вырский Н.Н.<sup>3</sup>**, **Попов В.Б.<sup>4</sup>**, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>ОИПИ НАН Беларуси, <sup>2</sup>БГАТУ, г. Минск, <sup>3</sup>НТЦ ОАО «Гомсельмаш», <sup>4</sup>ГГТУ, г. Гомель, Республика Беларусь

В настоящее время в основе разработки высокотехнологичной и конкурентоспособной продукции лежит использование перспективных компьютерных технологий, обеспечивающих информационную интеграцию и системную поддержку жизненного цикла продукции, так называемых CALS технологий. Ядро CALS-технологий составляют САД/САЕ/САМ/PDM – технологии, в которых традиционный последовательный подход к разработке новых изделий заменен принципиально новым интегрированным подходом, получившим название «параллельное проектирование». В основе этой технологии лежит идея совмещенного во времени компьютерного проектирования изделия (САД), выполнения многовариантных инженерных расчетов (САЕ, компьютерный инжиниринг – наукоемкая составляющая CALS-технологий) и технологической подготовки производства (САМ), что позволяет использовать проектные данные, начиная с самых ранних стадий проектирования и инженерного анализа одновременно различными группами специалистов (PDM).

Актуальность применения САЕ-технологий в отечественной промышленности предопределена тем, что ведущие фирмы мира три последних десятилетия в своих приоритетных разработках эффективно используют наукоемкие САЕ-технологии инженерного анализа. В ОАО «Гомсельмаш» активно внедряются современные компьютерные САЕ-технологии: для решения пространственных задач механики деформируемого тела и задач теплопередачи и теплообмена используется интегрированная система прочностного анализа (FEM-система) ИСПА; для решения задач кинематического и динамического моделирования сложных меха-

нических систем внедрена система ADAMS; для решения нелинейных и быстропротекающих процессов в деформируемых средах со сложными реологическими свойствами, задач контактного динамического взаимодействия, а также задач механики конструкций, содержащих жидкость, используются системы MARC и LS-DYNA и др.

Одной из важнейших областей, где не в полной мере были задействованы CAE-технологии, является исследование аэрогидродинамических процессов в рабочих органах сельскохозяйственных машин, проектируемых в ОАО «Гомсельмаш». Это моделирование работы системы очистки в зерноуборочных комбайнах на основе программных комплексов CFD-анализа, а также исследование процесса транспортировки технологической массы в кормоуборочных комбайнах.

При создании 3D-моделей в системе автоматизированного проектирования (CAD) конструкторами в первую очередь преследуется цель наиболее точно отразить реальную геометрию проектируемых узлов и деталей для проверки их собираемости и подготовки документации. Однако немаловажным является создание 3D-модели с учетом ее пригодности для систем инженерных расчетов (CAE). Зачастую модель, созданная в CAD-системе, отличается от модели для CAE-системы. Поэтому при подготовке расчетов с помощью CAE-систем много времени отводится на трансляцию CAD-модели в CAE-модель. Для проведения аэрогидродинамического анализа необходимо создавать новую 3D-модель, отвечающей проточной части рабочих органов, так как в конструкторской модели проточной части вообще не существует. Действительно, при подготовке моделей для аэрогидродинамического анализа существует ряд особенностей. Исходной 3D-моделью для CFD-системы является расчетная область, отвечающая исследуемому проточному пространству рабочих органов. При этом 3D-модель должна быть «сшитой и гладкой», в которой отсутствуют острые углы, соединения между частями по ребру или вершине, самопересекающиеся поверхностные линии и т.п.

В процессе проведения конструкторских разработок неотъемлемой частью является получение достоверной информации о результатах испытаний опытных образцов рабочих органов кормоуборочных комбайнов (ускорителя выброса, силосопровода и т.д.) соотнесение их с параметрами, закладываемыми на стадии проектирования, введение в конструкцию проточных частей изменений, необходимых для достижения требуемых параметров. Учитывая, что проточные части сельхозмашины представляют сложные пространственные поверхности, их доводка без наличия специальных математических моделей и прикладных программных систем инженерного анализа (для проведения газодинамического анализа с помощью CFD-системы необходимы твердотельные электронные модели проточных полостей исследуемого изделия) является весьма трудоемкой и требует значительных временных и материальных ресурсов.

Поэтому проведение газодинамического анализа (описание аэродинамики движения технологической массы неоднородной структуры в воздушном потоке, протекающего в рабочих органах кормоуборочного комбайна) наиболее перспективно с помощью систем вычислительной газодинамики (CFD-систем типа STAR-CD, STAR-Design, STAR-CCM+, CFX, Fluent) с применением высокопроизводительных кластерных систем семейства «СКИФ».

#### Литература

1. Крот А.М., Вырский А.Н., Минервина Е.Б., Пигенко В.А., Ткачева П.П. Компьютерное моделирование аэродинамических процессов в транспортирующих органах кормоуборочных комбайнов // Информатика. – 2006. – №3 (11). – С. 80-90.
2. Крот А.М., Ткачева П.П., Спагар И.Н. Компьютерное моделирование пароводяных потоков внутри рабочей камеры микротурбины и оценивание коэффициента полезного действия для усовершенствования конструкции турбоагрегата // Информатика. – 2017. – № 2. – С. 24-36.