

# ОБЗОР СРЕДСТВ САПР ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

*С.В. Казанцев, Т.В. Казанцева*

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: oaoimhi@inbox.ru

*В статье приводится обзор существующих пакетов автоматизированного проектирования, применение которых повышает скорость и эффективность решения ряда задач в области проектирования механических узлов гидрофизических приборов.*

Обусловленность применения CAD/CAE/CAM систем вызвана потребностью увеличения скорости изготовления и проектирования, а также снижения себестоимости и улучшения качества продукции [1].

В настоящее время общепризнанным фактом является невозможность изготовления наукоемкой продукции без применения CAD/CAE/CAM систем [1].

Если обратиться к терминологии САПР, то под определениями CAD/CAE/CAM систем понимают [1].

– CAD – системы (computer-aided design компьютерная поддержка проектирования), предназначенные для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации (системами автоматизированного проектирования САПР). Как правило, в современные CAD-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции (детали) и оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификаций, ведомостей и т.д.) [1].

– CAE – системы (computer-aided engineering поддержка инженерных расчетов) представляют собой обширный класс систем, каждая из которых позволяет решать определенную расчетную задачу (группу задач), начиная от расчетов на прочность, анализа и моделирования тепловых процессов до расчетов гидравлических систем и машин, расчетов процессов литья. В CAE-системах

также используется трехмерная модель изделия, созданная в CAD-системе. CAE-системы еще называют системами инженерного анализа. Однако для инженера-конструктора наибольший интерес представляет именно сочетание CAD/CAE систем [1].

– CAM – системы (computer-aided manufacturing компьютерная поддержка изготовления), предназначенные для проектирования обработки изделий на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) и выдачи программ для этих станков (фрезерных, сверлильных, эрозионных, пробивных, токарных, шлифовальных и др.). CAM-системы еще называют системами технологической подготовки производства. В настоящее время они являются практически единственным способом для изготовления сложнопрофильных деталей и сокращения цикла их производства. В CAM-системах используется трехмерная модель детали, созданная в CAD-системе [1].

На сегодняшний день существует целый ряд программ и пакетов, предназначенных для решения задач в области электроники, механики, физики, экономики и т.д. Однако наибольший для нас интерес представляют пакеты, позволяющие решать задачи в области проектирования механических узлов гидрофизических приборов. Самыми сложными и малочисленными являются приложения для расчета параметров течений и теплообмена. Наиболее популярные из них STAR-CD, ANSYS CFX, COSMOS FLOWWORKS, FLUENT, FLOW 3D, FAST FLOW, FLOW VISION. Наиболее предпочтительными для русскоязычных пользователей являются приложения COSMOS FLOWWORKS пакета SolidWorks и приложение FLOW VISION, т.к. эти пакеты имеют русскоязычную документацию и широко используются в странах СНГ и России, а также накоплен достаточно большой опыт их применения [1].

Целесообразно использовать CAD/CAE системы в области проектирования механических узлов гидрофизических приборов для решения следующих задач, связанных с прочностными расчетами, расчетами и исследованиями течений, расчетом теплообмена.

В области прочностных расчетов пакеты позволяют:

- увеличить скорость проектирования погружаемых контейнеров;
- улучшить возможности точного расчета (что особенно актуально при массовом производстве);
- исследовать сложные конструкции, в т.ч. конструкции с ребрами жесткости, нестандартной формы);
- исследовать и создавать базы данных перспективных материалов.

В задачах исследования и расчетов течений пакеты позволяют:

- проводить исследования влияния аксессуаров на показания измерителей скорости течений;
- упреждать последствия, вызываемые рельефом или антропогенными сооружениями при постановке прибора;
- вычислить гидродинамическое сопротивление погружаемого модуля прибора;
- вычислить углы поворота относительно оси крепления прибора или комплекта приборов в зависимости от направления и скорости воздействующего потока;
- исследовать промываемость полостей датчиков и т.п.

При решении задач теплообмена позволяют:

- проводить исследование характеристик анемометрических и ряда других датчиков, в основе действия которых лежит вычисление скорости и направления потока по изменению температуры;
- проводить исследование температурного распространения внутри про-

водников, а также определение и исследование инерционных характеристик ряда датчиков;

- организовывать теплоотвод и охлаждать погружные элементы приборов, а также силовых, питающих и др. модулей, находящихся под поверхностью воды;

- компоновать элементы датчиков и приборов с учетом влияния термоинтерфейсов и материалов.

С целью изучения достоверности результатов моделирования в пакетах САПР была исследована сходимость данных, полученных пакетом программ, с данными, полученными экспериментальным путем при градуировке прибора ИСТ-1 [2] в образцовом лотке, где имитируются условия открытого водоема. Исследование сходимости позволяет убедиться в адекватном воспроизведении программой физических условий. В ходе исследования сравнивались погрешности, полученные в образцовом лотке УПВШ-1 [3], с погрешностями скорости внутри прибора, полученными при использовании соответствующего пакета проектирования. Экспериментальные данные приведены в таблице 1 [3], для модели обтекания прибора задавались потоки со значениями скоростей, равными значениям реальных скоростей в лотке УПВШ-1 и находились расхождения погрешностей моделирования прибора с экспериментальными погрешностями.

Таблица 1

Скорость течения в стенде УПВШ-1, $V_0$ , м/с	Номер прибора							
	N 49	N50	N51	N52	N53	N54	N55	N57
0,054	-0,004	0,013	-0,004	-0,004	0,013	-0,004	-0,004	-0,004
0,065	0,0017	0,0150	-0,019	-0,019	0,032	-0,0017	-0,0017	-0,0017
0,101	-0,0017	-0,0017	-0,0017	-0,0017	-0,0017	-0,0017	0,015	-0,0017
0,152	0,0000	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,229	-0,010	0,0068	-0,010	0,0068	0,0068	-0,010	0,0068	0,0068
0,550	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,83	-0,0034	0,014	-0,0034	0,014	-0,02	-0,0034	0,014	-0,0034
1,557	-0,0085	0,0085	0,0085	-0,0085	-0,0085	0,008	-0,0085	0,0085
2,15	-0,012	0,005	0,005	0,0051	0,012	0,005	0,005	0,005

После моделирования условий помещения прибора в лоток шириной 500

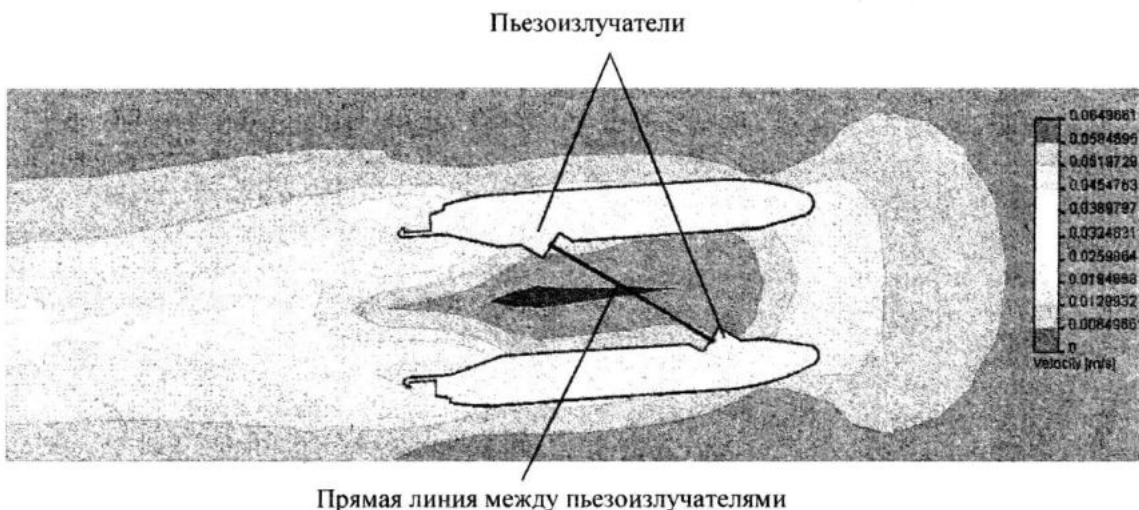
мм (рисунок 1) с потоком воды на ряде скоростей были сняты значения скоро-

стей на линии между пьезопреобразователями и усреднены на длине между пьезоизлучателями. Средние скорости во внутренней полости прибора, соответствующие заданным скоростям потока в лотке, представлены в таблице 2, где найдены отклонения от заданной скорости

потока как в единичном, так и в процентном соотношении для данных, полученных при моделировании, а затем вычислены отклонения в процентном соотношении от скорости, заданной в лотке.

Таблица 2

Заданная скорость в лотке $V_{л}$ , м/с	0,054	0,065	0,101	0,152	0,229	0,550	0,83	1,557	2,15
Скорость внутри полости прибора $V_{п}$ , м/с	0,0534	0,0639	0,0996	0,1507	0,2258	0,5461	0,82	1,5377	2,1385
Отклонение от заданной скорости, м/с	0,0006	0,0011	0,0015	0,0013	0,0032	0,0039	0,0101	0,0193	0,0115
Процентное отклонение от $V_{л}$ , %	1,0298	1,6718	1,4358	0,8523	1,3824	0,7075	1,2108	1,2405	0,5363



Р и с. 1. Изолинии скоростей на миделевом сечении прибора

**Заключение.** Отклонения от сличения, полученные экспериментальным путем, составляют от 1,5 до 2 %, а отклонения, полученные моделированием, составляют от 0,7 до 1,67 %. Таким образом, можно сделать вывод об удовлетворительном воспроизведении программой физических условий.

Программные средства позволяют добиться высокого схождения расчетных и экспериментальных данных. Однако полностью заменить проведение эксперимента они не могут. Использование программных средств рационально для оценки влияния того или иного аксессуара или условий на прибор.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
2. Греков Н.А., Гайский П.В., Мишууров В.Ж., Бондаренко А.С. Переносной измеритель скорости течения ИСТ-1 // Системы контроля окружающей среды / Севастополь: МГИ НАН Украины. 2005. – С.35 – 40.
3. Забурдаев В.И., Кучма А.Г., Каширин С.В. Результаты исследования воспроизводимости показаний измерительного канала скорости течения в опытной партии приборов ИСТ-1. // Системы контроля окружающей среды / Севастополь: МГИ НАН Украины. 2008. – С.109 – 111.