

Применение специализированных программных комплексов для автоматизации инженерных расчетов оборудования

Э.В. Осипов ¹✉, А.А. Хоменко ¹, Л.Э. Осипова ²

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, 420015, Россия

² Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, 420043, Россия

Ссылка для цитирования

Осипов Э.В., Хоменко А.А., Осипова Л.Э. Применение специализированных программных комплексов для автоматизации инженерных расчетов оборудования // Программные продукты и системы. 2025. Т. 38. № 1. С. 134–142. doi: 10.15827/0236-235X.149.134-142

Информация о статье

Группа специальностей ВАК: 1.2.2, 2.3.7

Поступила в редакцию: 24.04.2024

После доработки: 26.08.2024

Принята к публикации: 27.08.2024

Аннотация. В данной статье описана разработка подхода, при котором инженерные методики расчета оборудования оформляются в виде отдельных программ, связанных с моделирующими САПР, а результаты являются исходными данными для САД-системы. Объект исследования – отстаивание толуола от водометанольной смеси, а его предмет – нестандартное технологическое оборудование процесса отстаивания (отстойник). Технологические расчеты для составления материального и энергетического балансов проведены в среде универсальной моделирующей программы, геометрические размеры нестандартного оборудования определены при помощи разработанной программы, а трехмерная модель оборудования сформирована в графической САД-системе. Указанный подход реализован в виде программы на языке VBA, которая связана с моделью процесса отстаивания. Выбор VBA объясняется тем, что он является базовым для программы и используется при разработке программ для автоматизации вычислений в указанном комплексе. Поскольку в БД программы отсутствует модуль расчета отстойника, данный модуль разработан при использовании инструмента Import User Model. Надстройкой Case Study проведен параметрический анализ и определено предельное содержание метанола в исходной смеси (до 0.3 массовой доли), при котором плотность водометанольной смеси больше плотности толуольной фазы. Расчет основных размеров оборудования проводился по инженерной методике, которая оформлена в виде отдельной программы, связанной с моделью в моделирующей САПР. Трехмерная модель корпуса аппарата разработана в графической САПР при использовании переменных и является основой сборки отстойника, дополненной стандартными элементами, выбранными из БД программы. В результате разработана программа по определению размеров отстойника, связывающая моделирующую и графическую САПР, что позволяет автоматизировать инженерные методики расчета энергоэффективного оборудования.

Ключевые слова: программные комплексы, VBA, автоматизация проектирования, компьютерное моделирование, моделирующие САПР, инженерные расчеты

Введение. Подбор, определение геометрических размеров технологического оборудования и разработка конструкторской документации являются важными задачами проектирования, без решения которых затруднительно создавать энергоэффективные химические технологии. При этом изделие должно быть подобрано и рассчитано таким образом, чтобы при низких материальных затратах и максимальной загрузке обеспечивалось минимально возможное энергопотребление. Для этого используются различные инженерные методики, успешное применение которых зависит от точности расчета *теплофизических свойств* (ТФС) входных и выходных потоков.

Анализ литературных источников показывает, что автоматизация инженерных методик в основном связана с написанием программ, в которые включаются расчетные формулы [1–3]. При этом отмечено, что первым этапом проек-

тирования изделия или технологического оборудования является первичное проектирование [4], результаты которого приблизительные, а эффективность их использования зависит от интуиции и опыта проектировщика. Как правило, при проектировании *химико-технологических процессов* (ХТП) с применением моделирующих САПР составляют материальный и энергетический балансы, на основе которых производится подбор оборудования или его расчет (при использовании нестандартного изделия).

Сегодня на рынке немало программных решений для моделирования технологического процесса и расчета оборудования, например, Aspen HYSYS, ChemCad и Unisim Design. Их БД включают утилиты для определения геометрических размеров колонн, емкостей, сепараторов и теплообменников [5, 6]. Отечественным аналогом указанных программ является

AEROSYM, который показывает результаты расчета, близкие к выполненным в Aspen HYSYS [7].

Подготовка конструкторской документации (КД) – одна из важных и наиболее трудоемких задач в САПР. Ее реализуют посредством графических программных средств по автоматизации разработки и выполнения конструкторской документации. Примерами таких программ являются Autocad, КОМПАС-3D, nanoCADPro и т.д.

Моделировать физические процессы и решать различные инженерные задачи позволяют САЕ-системы [8]. К ним можно отнести, например, ANSYS и FlowVision.

Обзор существующих подходов

Программное обеспечение фирмы «Aspen» активно применяют для построения цифровых двойников на базе нейросети AI Model Builder, используя пользовательский код MS Excel-VBA [9]. Возможности программы Aspen HYSYS позволяют также разрабатывать пользовательский модуль внутри программы [10]. Несмотря на то, что программы Aspen HYSYS и Aspen Plus предназначены для моделирования процессов химической технологии, в некоторых исследованиях их применяли для расчета теплотехнических процессов. Например, в [11] предложено использовать Aspen Plus для моделирования конденсационной установки, а в [12] Aspen HYSYS применяется для расчета парогазовой установки нефтедобывающей компании.

Как правило, функционал САД-систем включает в себя дополнительные возможности, которые можно реализовать при помощи пользовательских функций. Так, в работе [8] рассмотрен механизм импорта твердотельной модели из КОМПАС-3D в ANSYS при моделировании напряженно-деформационной задачи несущего корпуса. В работе [13] приведены подходы для анализа проектных решений, выполненных в САПР КОМПАС-3D. При составлении математической модели вакуумной сублимационной сушки [14] в CFD-модель добавлено описание кинетики, сформированное в виде отдельной программы.

Применение специализированного ПО планирования в совокупности с инструментами моделирования производства позволяет получать существенный экономический эффект [15]. Возможно интегрированное решение, которое базируется на трех передовых программах: Aspen HYSYS, Bentley AXSYS и Bentley PlantWise.

Расчет технологических схем проведен в Aspen HYSYS, а концептуальную 3D-модель создает решение Bentley PlantWise [16].

Указанные работы отражают лишь небольшую часть применений САД- и САЕ-систем при выполнении инженерных задач. Однако для решения задачи в САЕ-системе необходимо подготовить модель, в которой указаны геометрические параметры изделия, а САД-системы, как правило, не предназначены для инженерных расчетов технологического оборудования. САПР для моделирования ХТП (Aspen HYSYS, ChemCad, Unisim Design и т.д.) позволяют рассчитать материальный и энергетический балансы процесса, но возможности определения геометрических размеров оборудования (особенно нестандартного) существенно ограничены. При этом такой расчет возможен при использовании инженерных методик, для которых необходимо определить ТФС входных и выходных потоков. Таким образом, возникает задача разработки программы автоматизированного расчета размеров оборудования по инженерным методикам, однако включение в нее блока по расчету ТФС существенно увеличивает трудоемкость. В то же время расчет необходимых ТФС реализован в САПР для моделирования ХТП.

Предлагаемый подход

Цель данного исследования – разработка ПО по расчету размеров оборудования (на примере отстойника смеси «толуол+вода и метанол»), в котором ТФС рассчитаны в программе для моделирования ХТП, а твердотельная модель сформирована в САД-системе.

Для автоматизации инженерных методик предлагается разработать такое ПО (далее – программа), которое рассчитывает размеры оборудования, но при этом данные по ТФС импортирует из внешней моделирующей программы. Разрабатываемая программа необходима для расчета размеров оборудования, подготовки исходных данных для твердотельной модели и сохранения полученных значений для импорта в отчет. Схема обмена данными между программой, моделирующей САПР и САД-системой показана на рисунке 1.

В универсальной моделирующей программе (УМП) создается модель процесса и рассчитываются ТФС входного, выходных и внутренних потоков. Далее требуемые свойства целевых потоков импортируются в программу для определения размеров оборудования. Рассчитан-

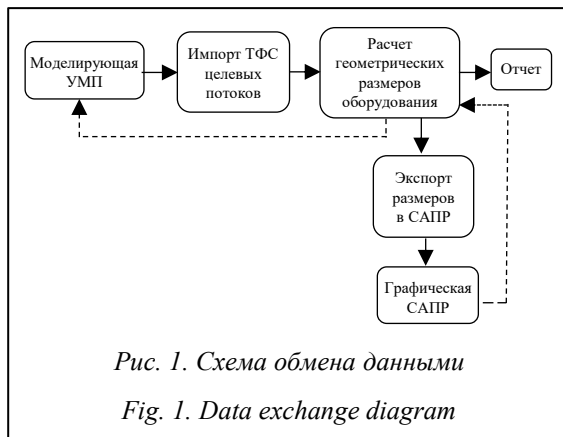


Рис. 1. Схема обмена данными

Fig. 1. Data exchange diagram

ные размеры экспортируются в САД-систему, где формируется твердотельная модель, являющаяся основой для подготовки комплекта КД.

В программе также формируются данные, необходимые для оформления отчета (ТФС потоков, таблицы с результатами расчетов и т.д.).

Описание объекта исследования

Принципиальная схема процесса приведена на рисунке 2. Разделение смеси толуола и метанольной воды производится в последовательно расположенных емкостях-отстойниках N , готовый продукт собирается в емкость $E-1$.

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: N – отстойники; E – емкость толуола; 1, 2 и 3 – потоки смеси легкой и тяжелой фаз соответственно.

На первом этапе расчета определяется количество отстойников в схеме (общее количество обозначено N). Для этого необходимо рассчитать минимальную длину отстойника и время пребывания смеси в аппарате [17]. Эти параметры определяют по следующим формулам:

$$D_{\text{экв}} = \frac{4V_{\text{вх}}\rho_{\text{эм}}}{2300\pi\mu_{\text{эм}}}; \tag{1}$$

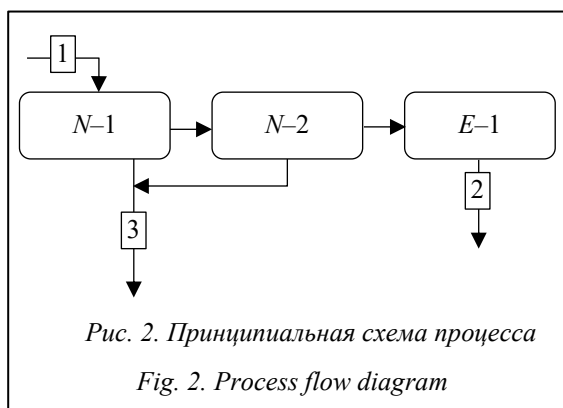


Рис. 2. Принципиальная схема процесса

Fig. 2. Process flow diagram

$$D_{\text{экв}} = \frac{4V_{\text{вх}}\rho_{\text{эм}}}{2300\pi\mu_{\text{эм}}}\sqrt{\frac{\pi}{f(\varepsilon)}}; \tag{2}$$

$$f(\varepsilon) = \frac{\pi}{2} + (1-\varepsilon)\sqrt{\varepsilon(2-\varepsilon)} + \text{asin}(1-\varepsilon); \tag{3}$$

$$w_0 = \frac{d^2g(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})}{18\mu_{\text{н}}}; \tag{4}$$

$$w_{\text{ос}} = w_0(1-B)^{4.7}; \tag{5}$$

$$h_{\text{в}} = \varepsilon R; \tag{6}$$

$$h_{\text{ос}} = D - h_{\text{в}}; \tag{7}$$

$$D_{\text{экв-эм}} = \frac{D}{\sqrt{\frac{\pi}{f(\varepsilon)}}}; \tag{8}$$

$$w_{\text{ср}} = \frac{4(V_{\text{вх}} + V_{\text{вых}})}{4D_{\text{экв}}^2 2}; \tag{9}$$

$$L = \frac{h_{\text{ос}}w_{\text{ср}}}{w_{\text{ос}}}. \tag{10}$$

Используемые обозначения: $V_{\text{вх}}$ – нагрузка отстойника по смеси, м³/с; $V_{\text{вых}}$ – объемный расход тяжелой фазы, м³/с; $\rho_{\text{эм}}$ – плотность смеси, кг/м³; $\mu_{\text{эм}}$ – вязкость смеси, Па·с; g – ускорение свободного падения, м/с²; $\rho_{\text{в}}$ – плотность водометанольной фазы, кг/м³; $\rho_{\text{н}}$ – плотность толуольной фазы, кг/м³; $\mu_{\text{н}}$ – вязкость толуольной фазы, Па·с; B – обводненность смеси; R – радиус отстойника, м.

Исходные данные, предоставленные заказчиком для расчета разделения толуола и метанольной воды: расход потока минимальный – 1 т/ч, максимальный – 7 т/ч; температура на входе – 40 °С; давление – 1.5 атм. Целевое качество толуола на выходе – 99.9 % масс.

Реализация предлагаемого подхода

В качестве УМП выбрано ПО фирмы «Aspen» – Aspen HYSYS V12, БД которого содержит все необходимые вещества, участвующие в процессе. Однако в программе отсутствует модуль по расчету отстойника, но есть возможность создать пользовательский модуль.

Если формировать модель отстойника набором стандартных модулей, то возникает сложность в специфицировании элементов. Согласно [18], написание внешних программ возможно несколькими способами. Например, можно использовать Excel-VBA, Python, Unity или пакет MATLAB. В случае использования MATLAB, Python и Unity возможна ошибка при введении мольных расходов входных потоков, поэтому целесообразно разработать мо-

дель на основе пользовательского модуля Import User Model.

Данный модуль спроектирован на VBA, его общий вид представлен на рисунке 3. Результаты расчета (данные по потокам) приведены в таблице 1.

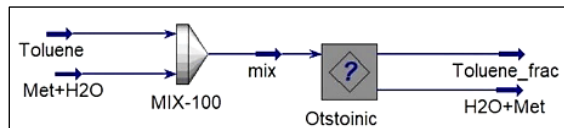


Рис. 3. Расчетная схема процесса, реализованная в Aspen HYSYS V12

Fig. 3. Process design model in Aspen HYSYS V12

На рисунке 4 представлена блок-схема реализации предлагаемого подхода.

Приведем фрагмент программного кода внутреннего модуля:

```
Dim CMFs, CMFs1, CMFs2, MF1 As Variant
Dim fM, ProdM, wtrM As Variant
Dim xtol As Double
Dim x1, x2, x3 As Variant
Dim y1, y2, y3 As Variant
CMFs = feed.ComponentMassFlowValue
CMFs1 = prod.ComponentMassFlowValue
CMFs2 = wtr.ComponentMassFlowValue
x=prod.ComponentMassFractionValue
y=wtr.ComponentMassFractionValue
fM=feed.MassFlowValue
xtol=0.999
ProdM=CMFs (tol) /xtol
x(0)=0
x(1)=xtol
x(2)=1-xtol
prod.Pressure.Calculate(feed.Pres-
sureValue)
prod.Temperature.Calculate(feed.Tem-
peratureValue)
prod.MassFlow.Calculate(ProdM)
prod.ComponentMassFraction.Calcul-
ate(x)
wtrM=fM-ProdM
y(0)=CMFs (Met) /wtrM
y(1)=0
y(2)=1-y(0)
wtr.Pressure.Calculate(feed.Pres-
sureValue)
```

```
wtr.Temperature.Calculate(feed.Temper-
atureValue)
wtr.MassFlow.Calculate(wtrM)
wtr.ComponentMassFraction.Calculate(y)
ActiveObject.SolveComplete
```

В представленном коде переменные feed, prod и wtr соответствуют входному потоку легкой и тяжелой фаз соответственно. WaterPosn, tol и Met относятся к компонентам вода, толуол и метанол.

На первом этапе в Aspen HYSYS вводятся параметры потоков и на базе пользовательского модуля проводится расчет процесса отстаивания. Следующий этап – интеграция уравнений в расчетную среду. Данный шаг реализован при помощи кода VBA, написанного в среде Visual Studio 2022. Общий вид программы представлен на рисунке 5.

Фрагмент кода по импорту ТФС:

```
Public hyApp As HYSYS.Application
Public hyCase As HYSYS.SimulationCase
Public hymix As HYSYS.ProcessStream
Public hyToluene As
HYSYS.ProcessStream
Public hyHM As HYSYS.ProcessStream
hyApp = CreateObject("HYSYS.Appli-
cation")
hyCase=hyApp.ActiveDocument
hymix=hyCase.Flowsheet.Materi-
alStreams.Item("mix")
hyToluene=hyCase.Flowsheet.Materi-
alStreams.Item("Toluene_frac")
hyHM=hyCase.Flowsheet.Materi-
alStreams.Item("H2O+Met")
```

В программу импортируют данные по расходу, плотности и вязкости входного и выходных потоков, далее по уравнениям определяются требуемый внутренний диаметр и минимальная длина отстойника. Расчетные данные экспортируют в файл Excel.

В качестве САД-системы выбран программный продукт КОМПАС-3D V20, а рассчитанные значения вводят в твердотельную модель через таблицу переменных. Следует учесть, что размеры модели в КОМПАС-3D приняты в миллиметрах, а единица измерения длины

Таблица 1

Результаты расчета

Table 1

Calculation results

Параметр	Поток		
	mix	Toluene_frac	H2O+Met
Температура, °C	40	40	40
Давление, атм.	1.5	1.5	1.5
Массовый расход, кг/час	7 000	3 504	3 496
Плотность, кг/м ³	863.8	850.5	873.7

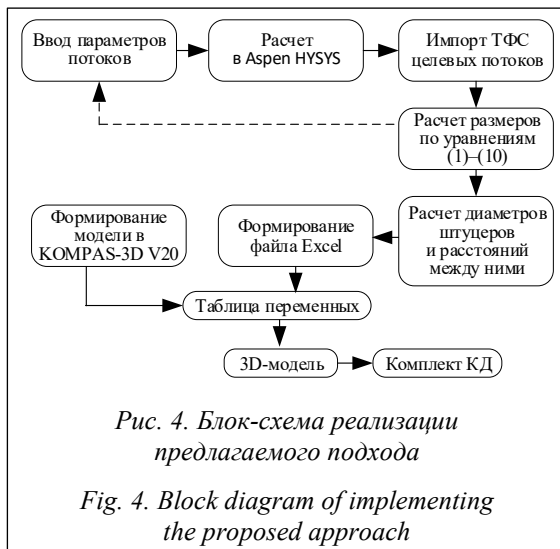


Рис. 4. Блок-схема реализации предлагаемого подхода

Fig. 4. Block diagram of implementing the proposed approach

и диаметра, рассчитанных программой, – метр. Поэтому необходимо предусмотреть перевод из метров в миллиметры.

Конструктивно отстойник представляет собой горизонтальный/вертикальный цилиндрический аппарат, закрепленный на опорах к фундаменту. В корпусе аппарата необходимо предусмотреть штуцера для ввода/вывода смеси, для предохранительного клапана, уровнера и сброса шлама. При этом в зависимости от требований заказчика можно рассмотреть другие конструктивные элементы. Корпус является основой отстойника, к нему присоединены остальные элементы (штуцера, крышки, опоры и т.д.).

Размеры, необходимые для формирования корпуса отстойника, целесообразно задать через таблицу переменных.

Таблица значений внешних переменных (таблица переменных) хранится в файле и со-

держит predetermined значения внешних переменных этого файла. Если в файле есть внешние переменные, то при создании в нем таблицы переменных можно использовать функцию чтения из внешнего источника. В результате автоматически создаются столбцы, соответствующие файлу внешних переменных. Возможно также чтение таблицы переменных из файла формата Excel.

Общий вид модели корпуса и таблицы переменных представлен на рисунке 6.

Выбор значений переменных из таблицы не является обязательным. При необходимости пользователь может задать внешние переменные вручную, однако это существенно увеличивает время создания 3D-модели оборудования. Если в файле отсутствует таблица переменных, то ввод значений переменных вручную – единственный способ их изменить.

Следует учитывать, что геометрические размеры связаны между собой, поэтому для сокращения времени проектирования целесообразно связать их параметрически. Кроме того, все параметры в таблице переменных являются внешними, то есть вводятся в модель через программу (специально разработанную для этих целей).

На основе данной модели определяют конструкцию и типоразмер стандартных элементов, при этом целесообразно использовать БД программы КОМПАС-3D V20.

Результаты и обсуждение

Основной движущей силой процесса отстаивания является разность плотностей тяжелой (водо-метанольной) и легкой (толуольной) фаз.

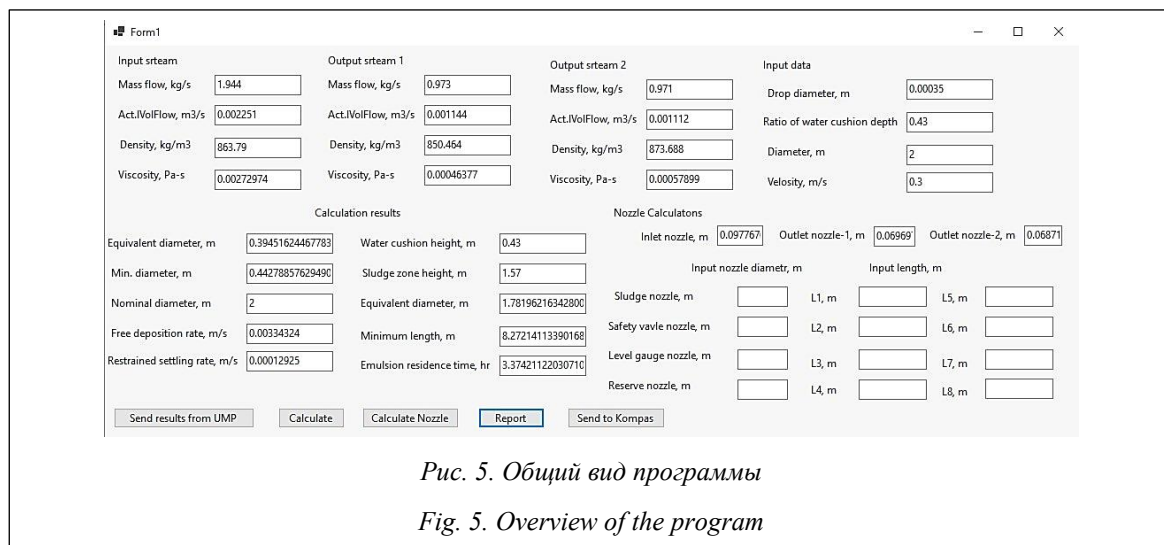


Рис. 5. Общий вид программы

Fig. 5. Overview of the program

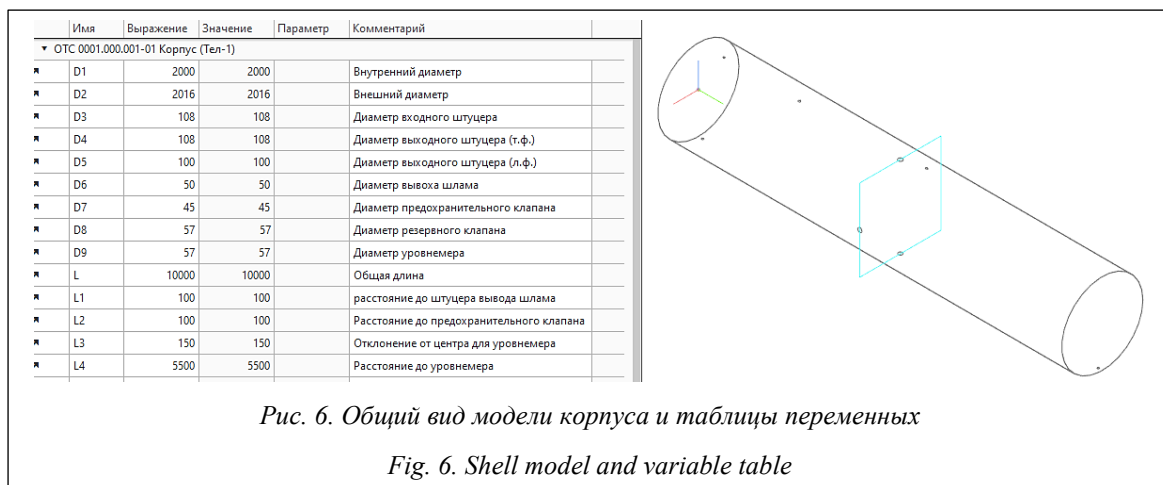


Рис. 6. Общий вид модели корпуса и таблицы переменных

Fig. 6. Shell model and variable table

Поэтому необходимо определить предельное содержание метанола в смеси, при котором плотность толуольной фазы меньше плотности водометанольной фазы. На модели (рис. 3) проведен расчет, в ходе которого изменяли содержание метанола в смеси и фиксировали плотности легкой и тяжелой фаз.

Данный расчет проведен с использованием инструмента Case Study. В качестве независимой переменной выбрано содержание воды в смеси, при изменении которого проводился пересчет содержания метанола, при этом доля толуола была закреплена. Результаты расчета представлены на рисунке 7.

На графике видно, что с увеличением содержания метанола в смеси плотность водометанольной фазы падает, а при содержании метанола более 0.3 (следовательно, содержание

воды <0.2) плотность фазы 1 меньше плотности фазы 2. Поэтому за расчетный режим принято содержание метанола в исходной смеси 0.25. Результаты расчета приведены в таблице 2.

При принятом диаметре 2 м минимальная длина отстойника составит 8.27 м. Целесообразно установить последовательно два отстойника, а длину каждого принять 5 м.

Сформирована трехмерная модель отстойника (<http://www.swsys.ru/uploaded/image/2025-1/27.jpg>). При выбранной скорости входа смеси, равной 0.3 м/с, определены размеры входного и выходных патрубков. С учетом этих размеров в БД программы подобраны стандартные штуцера с условным диаметром 100 мм по АТК 24.218.06-90. Для патрубков слива шлама выбраны штуцера $D_y = 50$ мм по АТК 24.218.06-90, предохранительный клапан

Таблица 2

Результаты расчета

Table 2

Calculation results

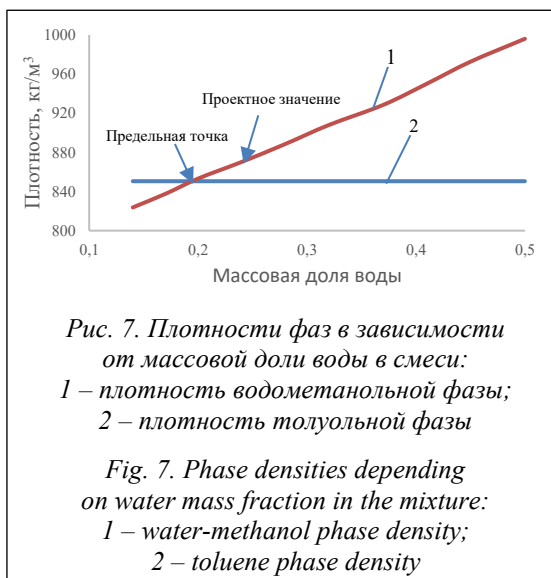
Параметр	Обозначение	Значение
Относительная высота водяной подушки	ϵ	0.43
Функция относительной высоты водяной подушки в зоне отстоя	$f(\epsilon)$	2.49
Диаметр капли d , м [17]	d	0.00035
Эквивалентный диаметр, м	$D_{\text{ЭКВ}}$	0.395
Минимальный диаметр, м	D_{min}	0.443
Принятый диаметр, м	D	2
Скорость свободного осаждения, м/с	w_o	0.0033
Скорость стесненного осаждения, м/с	w_{oc}	0.00013
Высота водной подушки, м	h_B	0.43
Высота зоны отстоя, м	h_{oc}	1.57
Эквивалентный диаметр, м	$D_{\text{ЭКВ-ЭМ}}$	1.78
Минимальная длина отстойника, м	L_{min}	8.27
Время пребывания эмульсии в аппарате, ч	τ	3.37

$D_y = 40$ мм по АТК 24.218.06-90. Днище – 2000-8-400 ГОСТ 6533-78; опора подвижная – П 250-1014-1 ОСТ 26-2091-93 и неподвижная – 250-1014-1 ОСТ 26-2091-93.

В дальнейшем модель может быть дополнена необходимыми элементами с использованием БД программы КОМПАС 3D.

Выводы

Предлагаемый подход позволяет автоматизировать инженерные методики, сокращая тем самым время, требуемое на выполнение расчетов. Одновременно с этим функционал моделирующих программ дает возможность проводить оптимизацию, повышая тем самым энергоэффективность данного решения. Разработанная на основе подхода программа позволяет определить ТФС потоков, рассчитать оптимальные условия проведения процесса и подготовить исходные данные для импорта в САД-систему при автоматизированной разработке комплекта КД. Недостатком программы является то, что в качестве моделирующей системы используется Aspen HYSYS, однако в дальнейшем его



можно заменить на аналогичное по функционалу и возможностям отечественное решение. Предлагаемый подход позволяет связать САД-систему и моделирующую систему, проводить инженерный расчет нестандартного оборудования с учетом рассчитанных материальных и энергетических балансов.

Список литературы

1. Ипанов А.С., Ошивалов М.А., Галягин К.С., Селянинов Ю.А., Савин М.А., Вахрамеев Е.И. Математическое моделирование работы многофазных гидроструйных насосов // Вестн. ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2019. Т. 21. № 2. С. 15–22. doi: 10.15593/2224-9877/2019.2.02.
2. Абачарасв И., Булгаков В., Кушнер Г., Мамонтов В. Автоматизация методики расчета собственной частоты поперечных колебаний гребного вала // Вестн. АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. 2019. № 1. С. 63–70. doi: 10.24143/2073-1574-2019-1-63-70.
3. Ханипов М.Н., Ганиев Б.Г., Насыбуллин А.В., Саттаров Р.З. Разработка методики вероятностного прогнозирования добычи нефти // Нефтяная провинция. 2020. Т. 22. № 2. С. 73–94. doi: 10.25689/NP.2020.2.73-94.
4. Галеркин Ю.Б., Рекстин А.Ф., Солдатова К.В., Дроздов А.А., Соловьева О.А., Семеновский В.Б. Современное состояние инженерного метода оптимального газодинамического проектирования и расчета характеристик центробежных компрессоров. Ч. 3 // КТП. 2020. № 2. С. 2–9.
5. Зиятдинов Н.Н. Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов и систем // Теоретические основы химической технологии. 2017. Т. 51. № 6. С. 613–617. doi: 10.7868/S0040357117060197.
6. Valverde J.L., Ferro V.R., Giroir-Fendler A. Automation in the simulation of processes with Aspen HYSYS: An academic approach. Comput. Appl. Eng. Educ., 2023, no. 31, pp. 376–388. doi: 10.1002/cae.22589.
7. Мухаметжанов М.Х. Использование устройств внутритрубной обработки газожидкостных потоков для оптимизации нефтегазосборных систем // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2022. № 6. С. 79–89. doi: 10.33285/1999-6934-2022-6(132)-79-89.
8. Труханов К.Ю., Шаталов М.И., Ткачев Д.А. Импорт твердотельной модели из САД-системы КОМПАС-3D в САЕ-систему ANSYS // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2017. № 4. С. 12–17.
9. Barbero-Sánchez J., Megía-Ortega A., Ferro V.R., Valverde J.-L. Exploring alternatives to create digital twins from and for process simulation. J. of Computer Sci. Research, 2024, vol. 6, no. 1, pp. 16–30. doi: 10.30564/jcsr.v6i1.6168.
10. Осипов Э.В., Хоменко А.А., Лаптева Т.В. Сопряжение элементов химико-технологической системы, функционирующей под вакуумом (на примере блока ректификации смеси аминов) // Вестн. Технологического университета. 2023. Т. 26. № 12. С. 184–190.
11. Михин А.А., Сергеев В.В. Моделирование конденсационной установки в среде ASPEN PLUS // Изв. высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 6. С. 84–92. doi: 10.30724/1998-9903-2019-21-6-84-92.
12. Umyshv D.R., Osipov E.V., Kibarin A.A. et al. Techno-economic analysis of the modernization options of a gas turbine power plant using Aspen HYSYS. Energies, 2023, vol. 16, no. 6, art. 2704. doi: 10.3390/en16062704.
13. Афанасьев А.Н., Бригаднов С.И. Разработка экспериментальной компьютерной программы «Рекомендательная система для САПР КОМПАС-3D» // Вестн. УлГТУ. 2017. Т. 80. № 4. С. 33–36.

14. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г. Математическая модель вакуумной сублимационной сушки с неравномерным распределением паров по объему камеры // Программные продукты и системы. 2021. Т. 34. № 3. С. 466–476. doi: 10.15827/0236-235X.135.466-476.

15. Фуфаев А.Л., Козлов П.В., Писаревский Д.В. Эффективность применения Aspen PIMS в процессах планирования ООО «Газпром нефтехим Салават» // Газовая промышленность. 2018. Т. 767. № 4. С. 72–74.

16. Ахметшина Д.А., Христодуло А.Н. Сравнение САПР для проектирования объектов нефтегазопереработки // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2019. № 1. С. 157–163.

17. Ладенко А.А., Кунина П.С. Расчет нефтепромыслового оборудования. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 188 с.

18. Bartolome P.S., Van Gerven T. A comparative study on Aspen Hysys interconnection methodologies. *Comput. and Chemical Eng.*, 2022, vol. 162, art. 107785. doi: 10.1016/j.compchemeng.2022.107785.

Software & Systems

doi: 10.15827/0236-235X.149.134-142

2025, 38(1), pp. 134–142

Applying specialized software packages to automate engineering equipment calculation

Eduard V. Osipov ¹✉, Andrey A. Khomenko ¹, Lilia E. Osipova ¹

¹ Kazan National Research Technological University, Kazan, 420015, Russian Federation

² Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, 420043, Russian Federation

For citation

Osipov, E.V., Khomenko, A.A., Osipova, L.E. (2025) 'Applying specialized software packages to automate engineering equipment calculation', *Software & Systems*, 38(1), pp. 134–142 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.149.134-142

Article info

Received: 24.04.2024

After revision: 26.08.2024

Accepted: 27.08.2024

Abstract. The purpose of this paper is to develop an approach in order for engineering methods of equipment calculation to form as separate programs integrated with simulation-based CAD systems, and the results to be input data for a CAD-system. The research focuses on toluene settling from water-methanol mixture, the particular emphasis is on non-standard technological equipment of the settling process (settler). The authors present technological calculations for material and energy balances in a universal simulation program. They determine the geometric dimensions of non-standard equipment using the developed program. A 3D model of the equipment is formed in a graphical CAD-system. The approach is implemented in the form of a program in VBA language, which is connected with the model of a settling process. VBA language is basic within the software used and widespread in automating calculations within the system. Since the program database does not contain a settler calculation module, the authors have developed this module using the Import User Model tool. A parametric analysis was conducted using the Case Study add-on. The authors identified the maximum allowable methanol content in the initial mixture (up to 0.3 mass fraction), at which the density of the water-methanol mixture exceeds the density of the toluene phase. The authors calculated the main dimensions of the equipment using engineering methods, which are implemented as a separate program linked to the model in the simulation CAD system. The authors have developed a 3D model of the equipment body in a graphical CAD system using variables. It is the basis of the assembly of the settler, supplemented with standard elements from the program database. As a result, the developed program determines settler dimensions; it links modeling and graphical CAD system. It allows automating engineering methods of energy efficient equipment calculation.

Keywords: engineering calculations, software packages, VBA language, design automation, computer simulation, simulation-based CAD systems

References

1. Ipanov, A.S., Oshivalov, M.A., Galyagin, K.S., Selyaninov, Yu.A., Savin, M.A., Vakhrameev, E.I. (2019) 'Mathematical modeling of multiphase hydrojet pump operation', *Bull. PNRPU. Mechanical Eng., Materials Sci.*, 21(2), pp. 15–22 (in Russ.). doi: 10.15593/2224-9877/2019.2.02.

2. Abacharaev, I., Bulgakov, V., Kushner, G., Mamontov, V. (2019) 'Automating the method of calculating natural frequency of propeller shaft transverse vibrations', *Vestn. ASTU. Ser.: Marine Eng. and Tech.*, (1), pp. 63–70 (in Russ.). doi: 10.24143/2073-1574-2019-1-63-70.

3. Khanipov, M.N., Ganiev, B.G., Nasybullin, A.V., Sattarov R.Z. (2020) 'Development of oil production probabilistic forecasting technique', *Neftyanaya Provintsiya*, 22(2), pp. 73–94 (in Russ.). doi: 10.25689/NP.2020.2.73-94.

4. Galerkin, Yu.B., Rekstin, A.F., Soldatova, K.V., Drozdov, A.A., Solovyova, O.A., Semenovskiy, V.B. (2020) 'The current state of the engineering method for the optimal gas-dynamic design and calculation of the centrifugal compressors characteristics. Part 3', *СТП*, (2), pp. 2–9 (in Russ.).

5. Ziyatdinov, N.N. (2017) 'Modeling and optimization of chemical engineering processes and systems', *TFCE*, 51(6), pp. 613–617 (in Russ.). doi: 10.7868/S0040357117060197.
6. Valverde, J.L., Ferro, V.R., Giroir-Fendler, A. (2023) 'Automation in the simulation of processes with Aspen HYSYS: An academic approach', *Comput. Appl. Eng. Educ.*, (31), pp. 376–388. doi: 10.1002/cae.22589.
7. Mukhametzhano, M.Kh. (2022) 'The use of devices for in-line treatment of gas-liquid flows to optimize oil and gas gathering systems', *Equipment and Technologies for the Oil and Gas Complex*, (6), pp. 79–89 (in Russ.). doi: 10.33285/1999-6934-2022-6(132)-79-89.
8. Trukhanov, K.Yu., Shatalov, M.I., Tkachev, D.A. (2017) 'Import of a solid model from the COMPAS-3D CAD-system to an ANSYS CAE-system', *Electronic J.: Science, Technology, and Education*, (4), pp. 12–17 (in Russ.).
9. Barbero-Sánchez, J., Megía-Ortega, A., Ferro, V.R., Valverde, J.-L. (2024) 'Exploring alternatives to create digital twins from and for process simulation', *J. of Computer Sci. Research*, 6(1), pp. 16–30. doi: 10.30564/jcsr.v6i1.6168.
10. Osipov, E.V., Khomenko, A.A., Lapteva, T.V. (2023) 'Coupling of elements of chemical-technological system operating under vacuum (on the example of amine mixture rectification unit)', *Herald of Technological University*, 26(12), pp. 184–190 (in Russ.).
11. Mikhin, A.A., Sergeev, V.V. (2019) 'Simulation of condensation unit in ASPEN PLUS', *Power Engineering: Research, Equipment, Technology*, 21(6), pp. 84–92 (in Russ.). doi: 10.30724/1998-9903-2019-21-6-84-92.
12. Umyshev, D.R., Osipov, E.V., Kibarin, A.A. et al. (2023) 'Techno-economic analysis of the modernization options of a gas turbine power plant using Aspen HYSYS', *Energies*, 16(6), art. 2704. doi: 10.3390/en16062704.
13. Afanasev, A.N., Brigadnov, S.I. (2017) 'Development of the experimental computer program "Recommendation system for CAD KOMPAS-3D"', *Bull. UISTU*, 80(4), pp. 33–36 (in Russ.).
14. Mokhova, E.K., Gordienko, M.G. (2021) 'A mathematical model of vacuum freeze-dryer with uneven vapor distribution over the chamber volume', *Software & Systems*, 34(3), pp. 466–476 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.135.466-476.
15. Fufaev, A.L., Kozlov, P.V., Pisarevsky, D.V. (2018) 'Efficiency of application of Aspen PIMS in the planning processes of Gazprom neftekhim SALAVAT LLC', *Gas Industry*, 767(4), pp. 72–74 (in Russ.).
16. Akhmetshina, D.A., Khristodulo, A.N. (2019) 'Comparison of CAD for designing oil and gas processing objects', *Information Technology*, (1), pp. 157–163 (in Russ.).
17. Ladenko, A.A., Kunina, P.S. (2019) *Calculation of Oilfield Equipment*. Moscow, 188 p. (in Russ.).
18. Bartolome, P.S., Van Gerven, T. (2022) 'A comparative study on Aspen Hysys interconnection methodologies', *Comput. and Chemical Eng.*, 162, art. 107785. doi: 10.1016/j.compchemeng.2022.107785.

Авторы

Осипов Эдуард Владиславович¹, д.т.н.,
доцент, evosipov@kstu.ru

Хоменко Андрей Александрович¹, к.т.н.,
доцент, xomenko@kstu.ru

Осипова Лилия Эдуардовна¹,
к.т.н., доцент, osipovalilija@mail.ru

Authors

Eduard V. Osipov¹, Dr.Sci. (Engineering),
Associate Professor, evosipov@kstu.ru

Andrey A. Khomenko¹, Cand. of Sci. (Engineering),
Associate Professor, xomenko@kstu.ru

Lilia E. Osipova¹, Cand. of Sci. (Engineering),
Associate Professor, osipovalilija@mail.ru

¹ Казанский национальный исследовательский
технологический университет,
г. Казань, 420015, Россия

² Казанский государственный
архитектурно-строительный университет,
г. Казань, 420043, Россия

¹ Kazan National Research
Technological University,
Kazan, 420015, Russian Federation

² Kazan State University
of Architecture and Engineering,
Kazan, 420043, Russian Federation