

В.Г. Концевич, к.т.н., доцент, Д.В. Наружный, студент (Сумский государственный университет)
г. Сумы, Украина

Параметрическое моделирование теплообменника с помощью интеллектуального языка программирования iLogic

Рассмотрена возможность применения языка интеллектуального проектирования iLogic, как инструмента разработки оцифрованных прототипов пластинчато-ребристых теплообменников на основе логических правил, под которыми понимается заданная пользователем последовательность действий по разработке твердотельной ПРТ, автоматически выполняемая Autodesk Inventor при адекватно заданных входных условиях.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, пластинчато-ребристый теплообменник (ПРТ), параметрическое моделирование, оцифровка прототипа, логическое правило.

Розглянуто можливість застосування мови інтелектуального проектування iLogic, як інструменту розробки відцифрованих прототипів пластинчато-ребристих теплообмінників на основі логічних правил, під якими розуміється задана користувачем послідовність дій з розробки твердотільної ПРТ, автоматично виконувана Autodesk Inventor при адекватно заданих вхідних умовах.

Ключові слова: теплообмінний апарат, пластинчато-ребристий теплообмінник (ПРТ), параметричне моделювання, відцифровка прототипу, логічне правило.

The possibility of using intelligent design language iLogic, as a tool for development of digital prototyping plate-fin heat exchangers based on logical rules, which are understood as a user-defined sequence of steps for the development of solid-state GOT automatically executed when Autodesk Inventor adequately specified input conditions.

Keywords: heat exchangers, plate-fin heat exchangers (ORT), parametric modeling, digitizing prototype logic rule.

Развитие современных технологий обработки и сочетания металлов позволяет создавать компактные, высокоэффективные и надежные конструкции теплообменной аппаратуры (ТА). Для получения сжатых газов до высокого давления применяются трубчатые ТА с накатанным, приваренным или припаянным оребрением на наружной поверхности трубы. Широкое распространение в качестве охладителей компрессорных установок получили пластинчато-ребристые теплообменники (ПРТ), изготавливаемые из листовых материалов.

ПРТ – предназначены для теплообмена между неагрессивными жидкими и газообразными средами в интервале температур от плюс 200°C до минус 270°C с интервалом рабочего давления от вакуума до 10 МПа [1,2].

По массогабаритным и эксплуатационным показателям ПРТ относятся к числу наиболее со-

вершенных типов теплообменных аппаратов.

Параметрическое конструирование и моделирование

Одно из основных перспективных направлений проектирования ТА – это повышение эффективности за счет создания параметрического конструирования разными методами. Параметрическая модель конструкции ТА позволяет существенно сократить время, необходимое конструктору на внесение изменений исходных данных или после выполнения проверочного расчёта [3].

Параметрическое моделирование (параметризация) – моделирование (проектирование) с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Параметрическое моделирование существенно отличается от обычного двумерного черчения или трёхмерного моделирования. Конструктор в случае параметрического проектирования создаёт математическую модель

объектов с параметрами, при изменении которых происходят изменения конфигурации детали, взаимные перемещения деталей в сборке и т. п.

Параметрические CAD-системы, ориентированные на двухмерное черчение (лёгкий класс), зачастую являются «урезанными» версиями более продвинутых САПР [4,5]

Типы параметризации

Табличная параметризация заключается в создании таблицы параметров типовых деталей. Создание нового экземпляра детали производится путём выбора из таблицы типоразмеров. Возможности табличной параметризации весьма ограничены, поскольку задание произвольных новых значений параметров и геометрических соотношений обычно невозможно.

Иерархическая параметризация (параметризация на основе истории построений) заключается в том, что в ходе построения модели вся последовательность постро-

ния отображается в отдельном окне в виде «древа построения». В нем перечислены все существующие в модели вспомогательные элементы, эскизы и выполненные операции в порядке их создания.

Помимо «древа построения» модели, система запоминает не только порядок её формирования, но и иерархию её элементов (отношения между элементами). Параметризация на основе истории построений присутствует во всех САПР, использующих трёхмерное твердотельное параметрическое моделирование. Обычно такой тип параметрического моделирования сочетается с вариационной и/или геометрической параметризацией.

Вариационная или размерная параметризация основана на построении эскизов (с наложением на объекты эскиза различных параметрических связей) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Вариационная параметризация позволяет легко изменять форму эскиза или величину параметров операций, что позволяет удобно модифицировать трёхмерную модель.

Геометрической параметризацией называется параметрическое моделирование, при котором геометрия каждого параметрического объекта пересчитывается в зависимости от положения родительских объектов, его параметров и переменных.

Параметрическая модель, в случае геометрической параметризации, состоит из элементов построения и элементов изображения. Элементы построения (конструкторские линии) задают параметрические связи. К элементам изображения относятся линии изображения (которыми обводятся конструкторские линии), а также элементы оформления (размеры, надписи, штриховки и т. п.).

Одни элементы построения могут зависеть от других элементов построения. Элементы построения могут содержать и параметры (например, радиус окружности или угол наклона прямой). При изменении одного из элементов моде-

ли все зависящие от него элементы перестраиваются в соответствии со своими параметрами и способами их задания.

Геометрическая параметризация даёт возможность более гибкого редактирования модели. В случае необходимости внесения незапланированного изменения в геометрию модели не обязательно удалять исходные линии построения (это может привести к потере ассоциативных взаимосвязей между элементами модели), можно провести новую линию построения и перенести на неё линию изображения. Для параметризации используют разные инструменты [6,7].

Один из них это интеллектуальный язык программирования iLogic.

iLogic и его использование

iLogic – это новый инструмент управления параметрами и свойствами модели изделия, который базируется на системе обработки знаний. В настоящее время iLogic воспринимается как инструмент разработки оцифрованных прототипов на основе логических правил, под которыми понимается заданная пользователем последовательность действий по разработке твердотельной модели изделия, автоматически выполняемая Inventor при адекватно заданных входных условиях (состоялось открытие модели, ее сохранения, изменение параметров или ее состояние т.п.)

iLogic, как инструмент, ориентированный на инженеров и конструкторов обеспечивает:

- дополнение существующих подходов по разработке параметрических моделей с возможностью их интеграции;
- подключение сторонних CAD-приложений;
- взаимодействие с Inventor API и VB.Net ;
- использование созданных правил, как встроенные макросы.

Эффективность iLogic при применении в САПР машиностроительных изделий:

- замена моделей основанных на параметрических связях моделями с программируемой логикой проектных действий;

- инструмент решения для рутинных задач;

- средство создания автоматизированных конфигураций изделий с учетом необходимых параметров;

- подключение внешних программ на основе тегов, встроенных в iLogic.

Параметрическое моделирование ПРТ

Параметризуемой геометрией в данной работе понимаются изменяемые величины ПРТ, управляющие изменением конструкции и размеров теплообменника. Для решения задачи параметризации ПРТ были выделены параметризуемые величины (табл. 1). Под конструктивной геометрией принимаются геометрические параметры, которые конструктор выбирает в зависимости от конструкции ПРТ.

Построение геометрической параметрической модели ПРТ

Получение твердотельной модели ПРТ на выходе системы осуществляется с помощью параметризации геометрической модели теплообменника. Параметрическая модель представляет собой сборочный узел, все размеры которого являются параметрами.

Алгоритм построения состоит из этапов:

1. Создаётся эскиз (профиль) для трёхмерной операции. На эскиз накладываются необходимые параметрические связи.

2. На эскиз накладываются размеры, которые обозначаются как переменные (им присваивается имя) и задаются зависимости других размеров от этих переменных в виде формул (рис. 1).

3. Производится булевая операция (например, выдавливание), значение атрибутов операции тоже служит параметром (например, величина выдавливания) (рис. 2).

4. При создании сборки взаимное положение компонентов сборки задаётся путём указания сопряжений между ними (совпадение, параллельность или перпендикулярность граней и рёбер, расположение объектов на расстоянии или под углом друг к другу и т.п.) (рис. 3).

Параметризация позволяет легко изменять форму эскиза или ве-

личину параметров операций, что позволяет удобно модифицировать геометрическую модель.

В Inventor построена геометрическая модель ПРТ. При проектировании деталей, каждому размеру (эскизному или относящемуся к конструктивному элементу) присвоено имя (рис. 4).

В Inventor каждый размер имеет свое имя по умолчанию (d0, d1, ... d50, ... и т. п.). Изменяется имя размера с помощью пункта контекстного меню Свойства размера. Таким образом, каждый размер становится параметром, значение которого можно изменять.

Все размеры записываются в таблицу. *Параметры модели* (рис. 5), в которой приводятся сведения об именах и значениях параметров, созданных автоматически. При изменении имени размера с помощью его свойств, он автоматически переименовывается и в таблице параметров.

Геометрическое моделирование с помощью «правил» iLogic

Полученную простейшую модель секции теплообменника можно записать «правилами» iLogic :

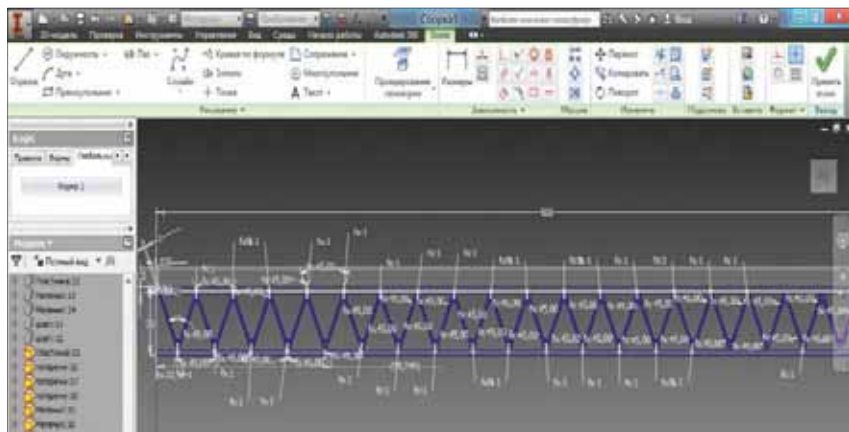


Рис. 1. Эскиз рёберной части

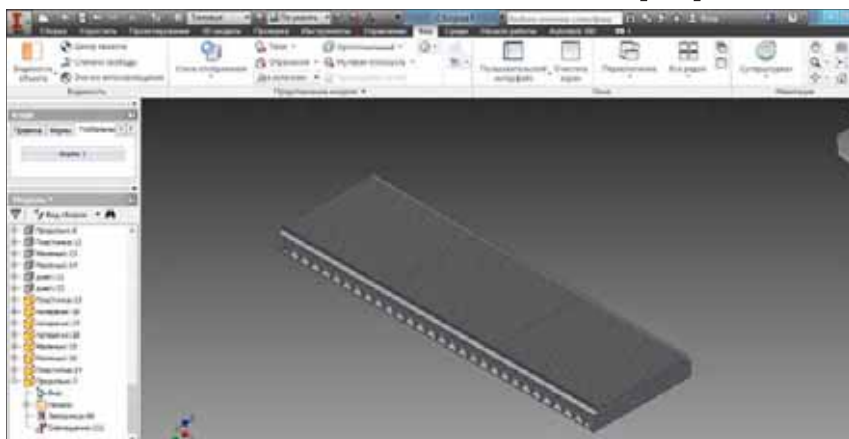


Рис. 2. Модель ребер и пластин

Таблица 1. **Параметры конструкции**

Конструктивные	Параметризуемые
Тип насадки	Размер насадки
Количество секций	Размер проставочных пластин
Количество каналов	Угол рёберной части

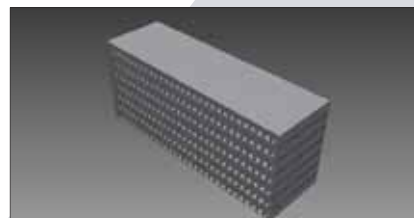


Рис. 3. Модель секции, построенная на основе зависимостей

Все параметры зависят от теплофизических свойств масла, которое будет охлаждаться ТА. За управляющий параметр взят угол реберной части. От угла будет зависеть размер насадки и размер проставочных пластин.

В качестве примера создания «правила» iLogic приведен алгоритм моделирования оребрѐнной части ТА:

1. На вкладке «Управление» выбрать пункт «Добавить правило» (рис. 6)
2. После нажатия открываться диалоговое окно (рис. 7)

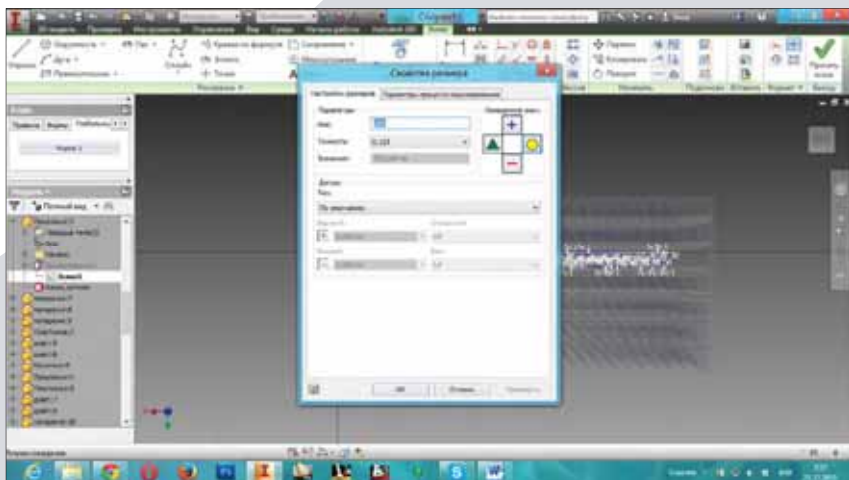


Рис. 4. Диалоговое окно. Свойства размера

3. Вносим «правило» iLogic (рис. 8) для определения управляющего размера «угол ролика, формирующего профиль»

```

Parameter("Продольн:1",
    "D8")=d8_1
Parameter("Пластинка:1",
    "d0")=Parameter("Продольн:1",
    "d146")+Parameter("Маленьки:1",
    "d5")+Parameter("Маленьки:1", "d5")
Parameter("довг:1",
    "d2")=Parameter("Пластинка:1",
    "d0")
Parameter("Продольн:1",
    "d36")=Parameter("поперечн:1",
    "d159")+Parameter("довг:1",
    "d4")+Parameter("довг:1", "d4")
Parameter("Маленьки:1",
    "d2")=Parameter("поперечн:1",
    "d159")+Parameter("довг:1",
    "d4")+Parameter("довг:1", "d4")

```

4. После нажатия «ОК» правило появляется в «Обозреватель iLogic» (диалоговое окно для просмотра созданных правил и форм)

5. Для удобства использования «правил» создаётся окно программы, со всеми необходимыми параметрами (рис. 9, 10).

6. В результате получается модель секции теплообменника, в которой можно изменять параметризованные переменные с помощью формы.

Выводы

В результате проделанной работы с помощью правил iLogic разработана параметрическая модель секции ПРТ.

Результаты:

- определены общие принципы расчета и конструирования ПРТ;
- определена эффективность использования языка программирования iLogic, встроенного в Autodesk Inventor 2014;
- разработан алгоритм параметризации процесса построения 3D-модели ПРТ.

Список литературы

1. Радзиевский В.Н. Теплообменные аппараты компрессорных установок: Исследования, конструкция, технология / В.Н. Радзиевский, Г.В. Кирик, А.М. Лавренко, А.М. Котов //

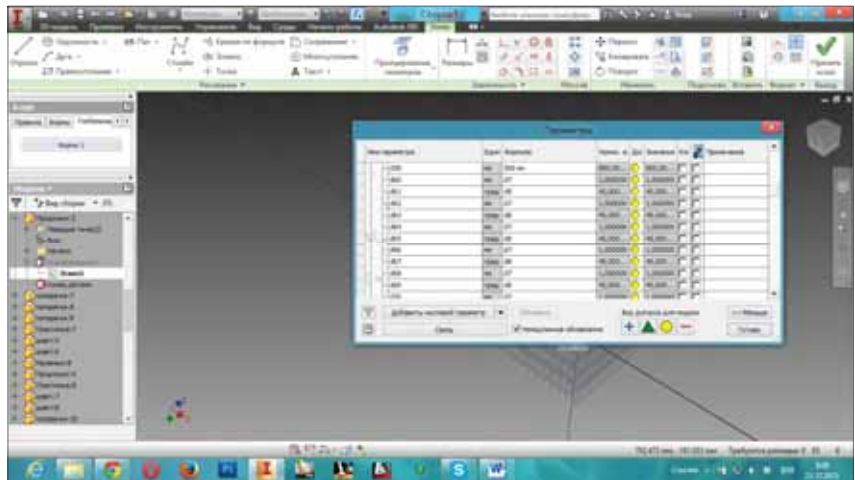


Рис. 5. Таблица параметров в Autodesk Inventor



Рис. 6. Добавление правила

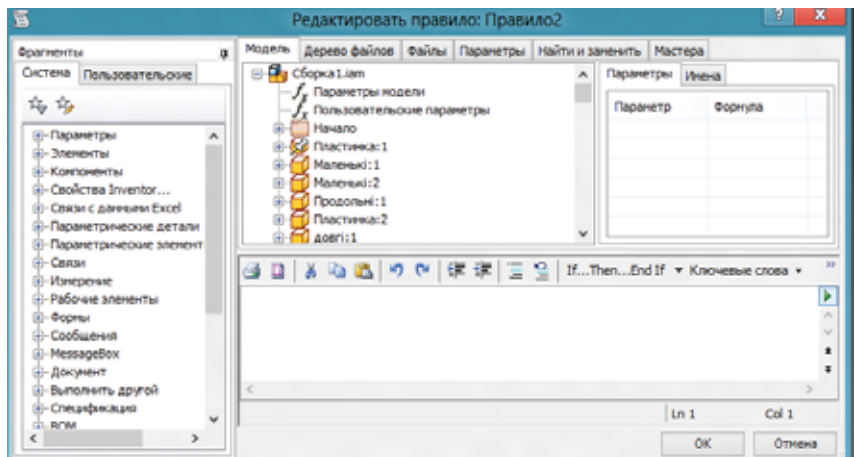


Рис. 7. Диалоговое окно

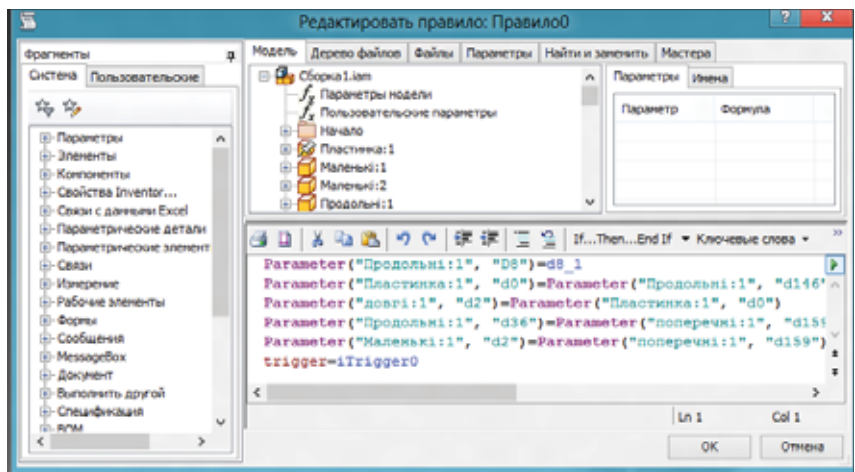


Рис. 8. Диалоговое окно с вписанным правилом

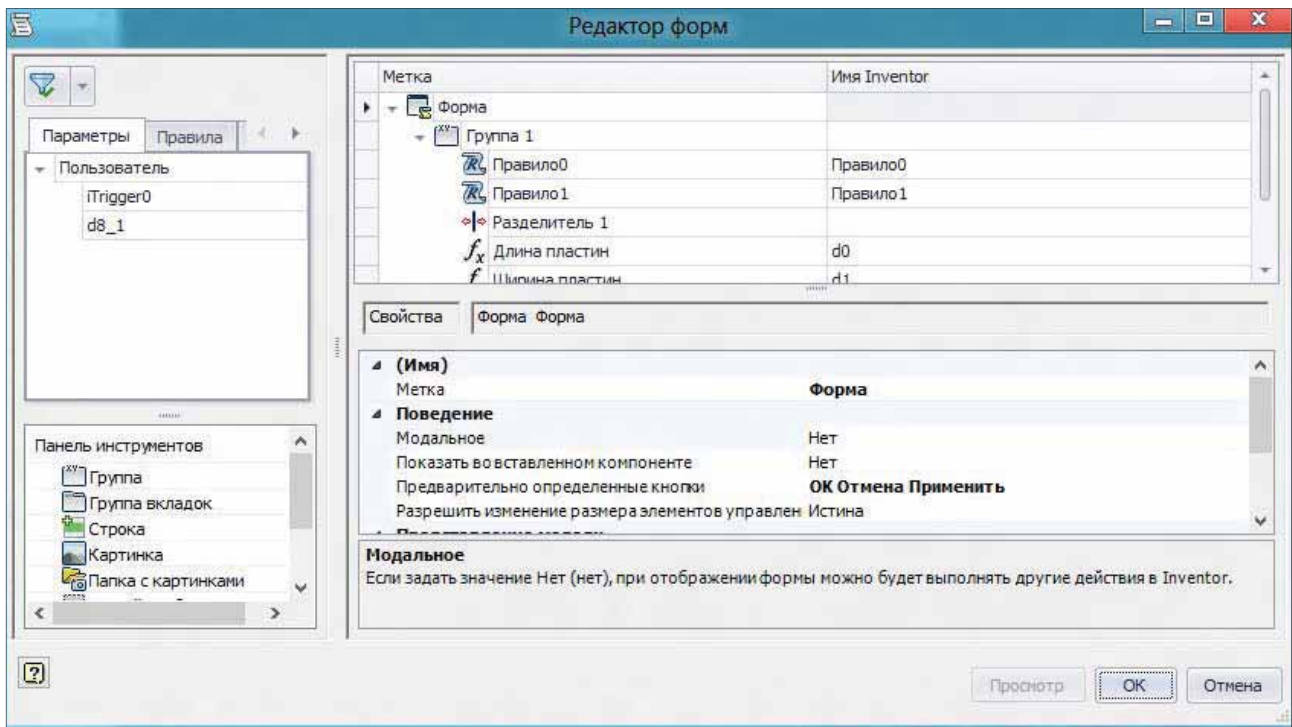


Рис. 9. Диалоговое окно создания форм

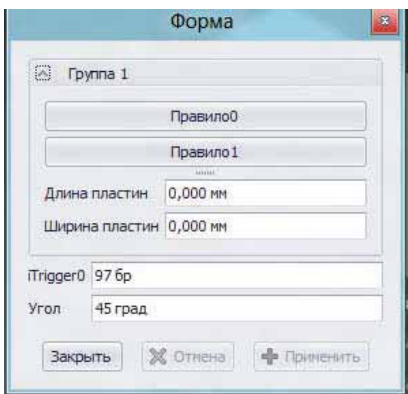


Рис. 10. Готовая форма

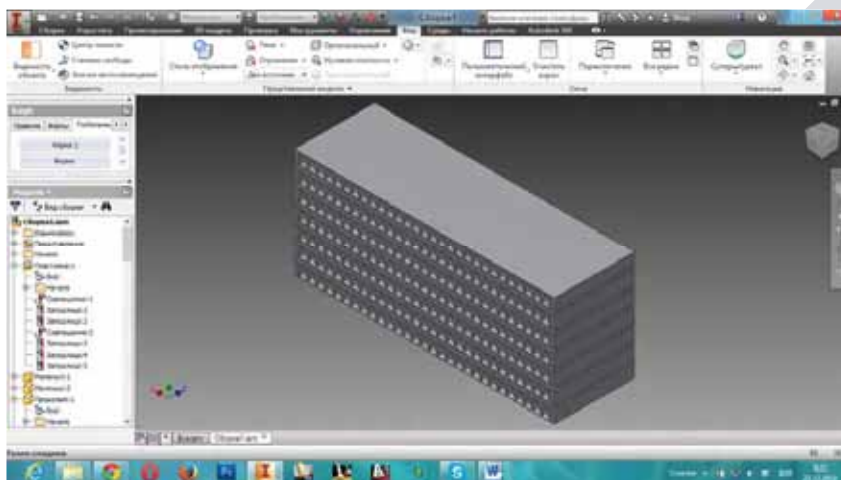


Рис. 11. Параметрическая модель ПРТ, созданного на основе правил

Сумы: Слобожанищина, 2007.– 318 с.

2. Сычков А.Е. Роль эффективных систем охлаждения в современных компрессорных установках. Журнал "МегаПаскаль", 2009-№4, С. 36-40.

3. Концевич В.Г., Ващенко С.М. Использование современных ИТ для повышения качества компрессорного оборудования. Компрессорное и энергетическое машиностроение. – Сумы, 2007г., №4(10).– С 57-60

4. Концевич В.Г. Выбор САД-системы в машиностроении / В.Г. Концевич, А.А. Беков // Компрессорное и энергетическое машиностроение, 2006. - №2(4)

5. Концевич В.Г. Создание САПР ПРТ на основе параметрического моделирования / В.Г. Концевич, О.И. Когулько КЭМ // Компрессорное и энергетическое машиностроение, 2013г. – №3(33).– С. 16-18.

6. Концевич В.Г. Разработка параметрических деталей и изделий в AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL R11 / В.Г. Концевич, Н.А. Кошеленко // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету. – Сумы : Вид-во СумДУ, 2007. – С. 151

7. Концевич В.Г. Разработка модуля параметрического проектирования роторов для САПР центробежных компрессоров / В.Г. Концевич, С.Ю. Сердюк // IMM-2013 Матеріали VI міжвузівської науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів.– Сумы, 2013, С. 66.