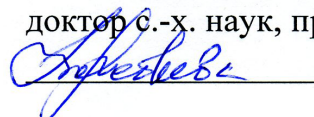


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной
и воспитательной работе,

доктор с.-х. наук, профессор

 С. Л. Воробьева

«18» июня 2020 г.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ

Учебное пособие для студентов,
обучающихся по направлениям «Агроинженерия»
и «Теплоэнергетика и теплотехника»

Текстовое электронное издание

Составители
П. Л. Лекомцев
А. М. Ниязов
Н. Л. Олин

Ижевск
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
2020

УДК 681.3
ББК 22.18
И 62

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, протокол № 2 от 18.06.2020 г.

Рецензент:

С. И. Юран – д.т.н, профессор кафедры
«Автоматизированный электропривод»

Составители:

П. Л. Лекомцев – д.т.н., профессор кафедры
энергетики и электротехнологии
А. М. Ниязов – к.т.н., заведующий кафедрой
энергетики и электротехнологии
Н. Л. Олин – ст. преподаватель кафедры
энергетики и электротехнологии

И 62 **Инженерные** прикладные программы : учебное пособие / Сост. П. Л. Лекомцев, А. М. Ниязов, Н. Л. Олин [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (8,2 Мб). – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – Систем. требования: РС не ниже класса Pentium I; 32 Mb RAM; своб. место на HDD 16 Mb; Windows 95/98; Adobe Acrobat Reader.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника».

УДК 681.3
ББК 22.18

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020
© Лекомцев П. Л., Ниязов А. М.,
Олин Н. Л., сост., 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	7
1.1 Maple	7
1.2 Mathematica	8
1.3 Matlab	9
1.4 MathCad	10
1.5 STATISTICA	12
2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	14
2.1 Simulink	14
2.2 LabVIEW	15
2.3 SOLIDWORKS Simulation	16
2.4 COSMOS SolidWorks	16
2.5 Vsim	18
2.6 Abinit	19
2.7 CRYSTAL	20
3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	21
3.1 КОМПАС-3D	21
3.2 NanoCAD 3D	21
3.3 SolidWorks	23
3.4 AutoCAD	24
3.5 WinMachine	25
3.6 T-Flex CAD	26
4 ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ	28
4.1 Электроника и электротехника	28
4.1.1 ANSYS Multiphysics	
Электромеханическая и силовая электроника	28
4.1.2 COMSOL Multiphysics	
Электромагнитные модули	29
4.1.3 ELCUT	30
4.1.4 Maxwell	30
4.2 Электрическая схемотехника	31
4.2.1 Компас-Электрик	31
4.2.2 nanoCAD Электро	32
4.2.3 SOLIDWORKS Electrical Schematics	34
4.2.4 SOLIDWORKS Electrical 3D	35
4.2.5 AutoCAD Electrician	36

4.2.6 SOLIDWORKS PCB	37
4.2.7 Eagle	37
4.3 Системы автоматки	38
4.3.1 CODESYS	38
4.3.2 FBD – Function Block Diagram	39
4.3.3 Язык релейных диаграмм LD	40
4.4 Светотехника	41
4.4.1 Dialux	41
4.4.2 Light-in-Night Road	42
4.4.3 Calculux	42
4.5 Механика жидкости и газа	43
4.5.1 Flowvision	43
4.5.2 KompasFlow	45
4.5.3 ANSYS Вычислительная гидродинамика	46
4.5.4 COMSOL. Модуль потока жидкости и теплопередачи	46
4.5.5 SOLIDWORKS Flow Simulation	47
4.5.6 OpenFOAM	47
4.5.7 COSMOS. COSMOSFloWorks	48
4.6 Системы отопления, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	49
4.6.1 Zulu.	49
4.6.2 nanoCAD Отопление	51
4.6.3 Allklima	52
4.6.4 RAUCAD	53
4.6.5 VALTEC	54
4.6.6 VIEGA	55
4.6.7 Magicad	57
4.7 Системы газоснабжения и вентиляции	58
4.7.1 ZuluGaz	58
4.7.2 ТеплоГазСтрой	58
4.7.3 AutoCAD/liNear CADinside.	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	61

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время деятельность инженерных служб невозможно представить без использования программных продуктов для проведения вычислений. Широкая компьютеризация поднимает проектную и вычислительную работу на качественно новый уровень, при котором резко повышаются темпы и качество проектирования, более обоснованно решаются многие сложные инженерные задачи, которые раньше рассматривались лишь упрощенно. Во многом это происходит благодаря использованию эффективных специализированных программ, которые могут быть как самостоятельными, так и в виде приложений к общетехническим программам.

Разработано множество компьютерных программ для выполнения широкого круга инженерных расчетов. Ниже приведен перечень популярных программных продуктов по разным направлениям инженерной практики.

Математические и статистические исследования: Maple, Mathematica, Matlab, MathCad, Smath Studio, Solver 1.1, Mat JV, KSF MathS 1, Hungwin, LogiTable, Maxima, Scilab, Freemat, Octave, SPSS, MedCalc, STATISTICA.

Моделирование физических процессов: Simulink, LabVIEW, SOLIDWORKS Simulation, COSMOS SolidWorks, Vsim, Abinit, CRYSTAL, AnyLogic, Simplex3, Simula, Adams, PowerSim Studio, Logo, Arena.

Системы автоматизированного проектирования (САПР): КОМПАС-3D, NanoCAD 3D, SolidWorks, SolidEdge, AutoCAD, WinMachine, T-Flex CAD, Bricscad, Autodesk Inventor, PTC Creo, NX, CATIA, Fusion 360, Onshape, APM, DesignCAD, DraftSight, OmniCAD, NurboCAD.

Электроника и электротехника: ANSYS Multiphysics, COMSOL Multiphysics, ELCUT, Maxwell, Elmer, Code Aster (Salome), Femm, MagNet, ThermNet 2D/3D, Jmag Designer, Cedrat flux 2D/3D

Электрическая схемотехника: Компас-Электрик, nanoCAD Электро, SOLIDWORKS Electrical Schematics, SOLIDWORKS Electrical 3D, AutoCAD Electrician, SOLIDWORKS PCB, Eagle, Microsoft Visio, Dip Trice, Kicad, TinyCAD, Fritzing, XCircuit, CADSTAR Express, QElectroTech, sPlan, Eplan Electric, Target 3001, Micro-Cap, TurboCAD, Designer Schematic, CADprofi Electrical, Electrics 3D, EnergyCS, SmartLine.

Системы автоматики: CODESYS, FBD – Function Block Diagram, Язык релейных диаграмм LD, Sequential Function Chart, SFC, Instruction List, IL Structured Text, ST.

Светотехника: Dialux, Light-in-Night Road, CalcuLuX, Ulysse, Europic 9, Litestar, Ulysse, Relux Professional.

Механика жидкости и газа: FlowVision, KompasFlow, ANSYS-Вычислительная гидродинамика, COMSOL-Модуль потока жидкости и теплопередачи, SOLIDWORKS Flow Simulation, OpenFOAM, COSMOSFlo Works.

Системы отопления, вентиляции, водоснабжения и водоотведения: ZuluGIS, ZuluThermo, ZuluHydro, nanoCAD, Allklima, RAUCAD, VALTEC, VIEGA, Instal-Therm HCR, Herz, Rehay, WaterSupply, CAD profi, Graphia, АСПО-ВОДА, Ventcalc, Cadvent, Magicad, Fans 400, Duster 2.5, Svent, ARSON-vent,

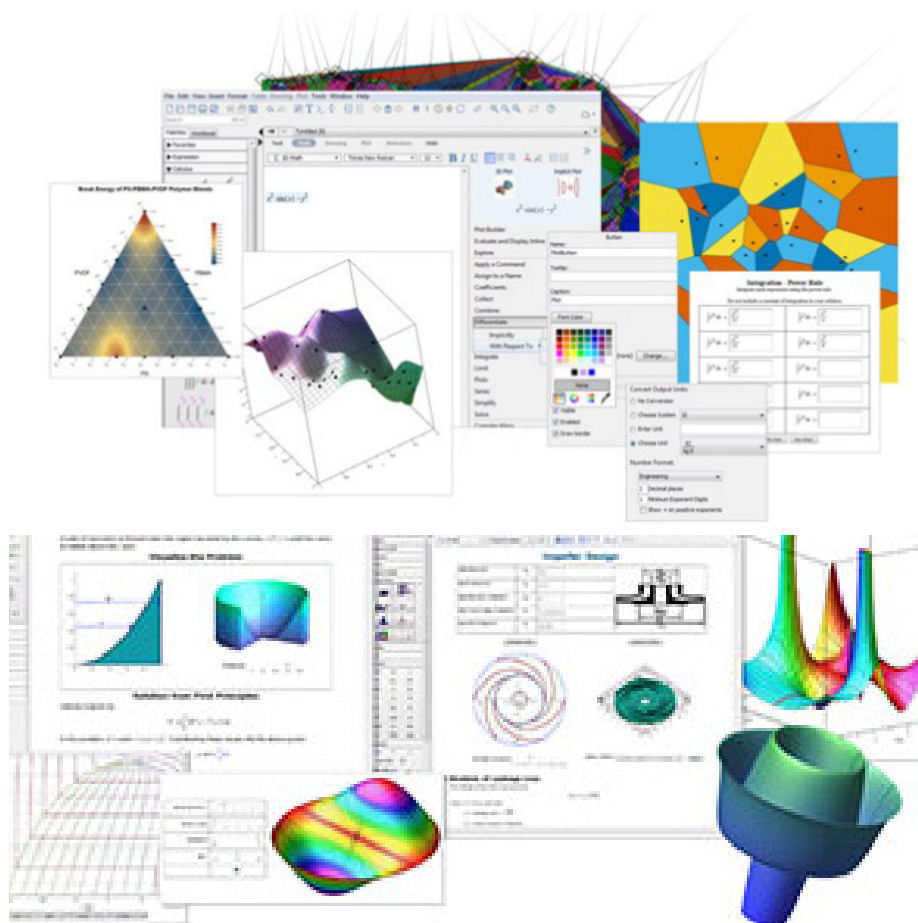
Системы газоснабжения: ZuluGaz, ТеплоГазСтрой, AutoCAD/liNear, CADinside, Компас ГСН, VisualPipe, Selection counter, ГазСмета, АСПО-ГАЗ.

В учебном пособии приводится краткий обзор наиболее распространенных программных продуктов. Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника»

1 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Maple

Maple – пакет прикладных программ, предназначенный для решения задач математики, используя символьные, численные методы, а также визуализацию [24]. Является продуктом компании Waterloo Maple Inc., которая с 1984 г. выпускает программные продукты, ориентированные на сложные математические вычисления, визуализацию данных и моделирование. Система Maple предназначена для символьных вычислений, хотя имеет ряд средств и для численного решения дифференциальных уравнений и нахождения интегралов. Обладает развитыми графическими средствами. Имеет собственный интерпретируемый язык программирования, синтаксисом частично напоминающий Паскаль.



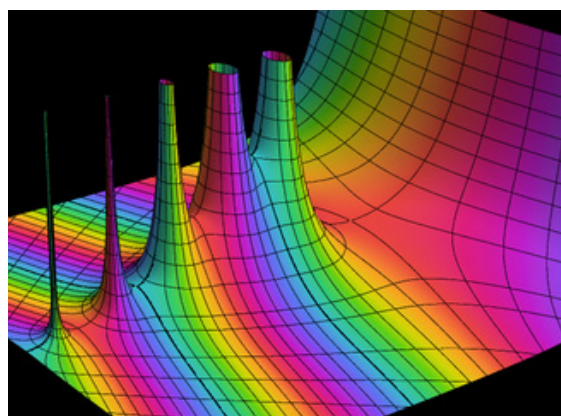
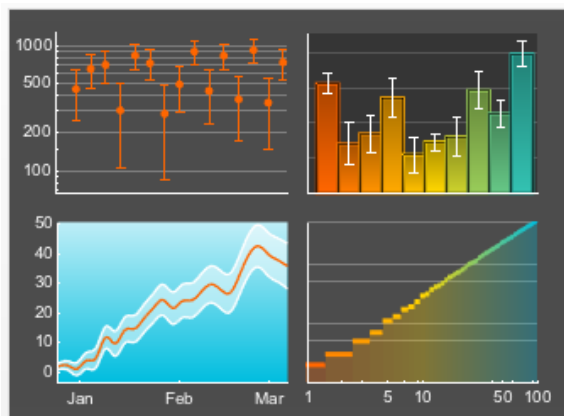
Система Maple предназначена главным образом для выполнения аналитических (символьных) вычислений и имеет для этого один из са-

мых мощных в своем классе арсенал специализированных процедур и функций (более 3000). Такая комплектация для большинства пользователей, которые сталкиваются с необходимостью выполнения математических расчетов среднего уровня сложности, является избыточной. Возможности Maple ориентированы на пользователей – профессиональных математиков; решения задач в среде Maple требуют не только умения оперировать какой-либо функцией, но и знания методов решения, в неё заложенных: во многих встроенных функциях Maple фигурирует аргумент, задающий метод решения.

Maple позволяет решать задачи практически из любой области математики или области, которая опирается на математику, таких, как исчисление, алгебра, дифференциальные уравнения, статистика, дизайн управления, линейная алгебра, физика, оптимизация, теория групп, дифференциальная геометрия, обработка сигналов, специальные функции, теория чисел, финансовое моделирование и т. д.

1.2 Mathematica

Mathematica – пакет прикладных программ, предназначенный для решения задач различных областей математики (обработки изображений, сигналов и др.), используя символьные, численные методы, а также визуализацию [37]. Включает в себя интерфейс к базе знаний Wolfram Alpha, может быть использован для публикации математических расчетов в интернете.



Благодаря энергичному развитию и стабильному видению на протяжении трёх десятилетий, система Mathematica не имеет себе равных в большом диапазоне измерений и уникальна в своей поддержке современной среды и организации рабочего процесса для технических расчётов.

Система Mathematica имеет в наличии почти 5000 встроенных функций, покрывающих все области технических расчётов, все они тщательно интегрированы для идеальной совместной работы, и все они включены в полностью интегрированную систему Mathematica.

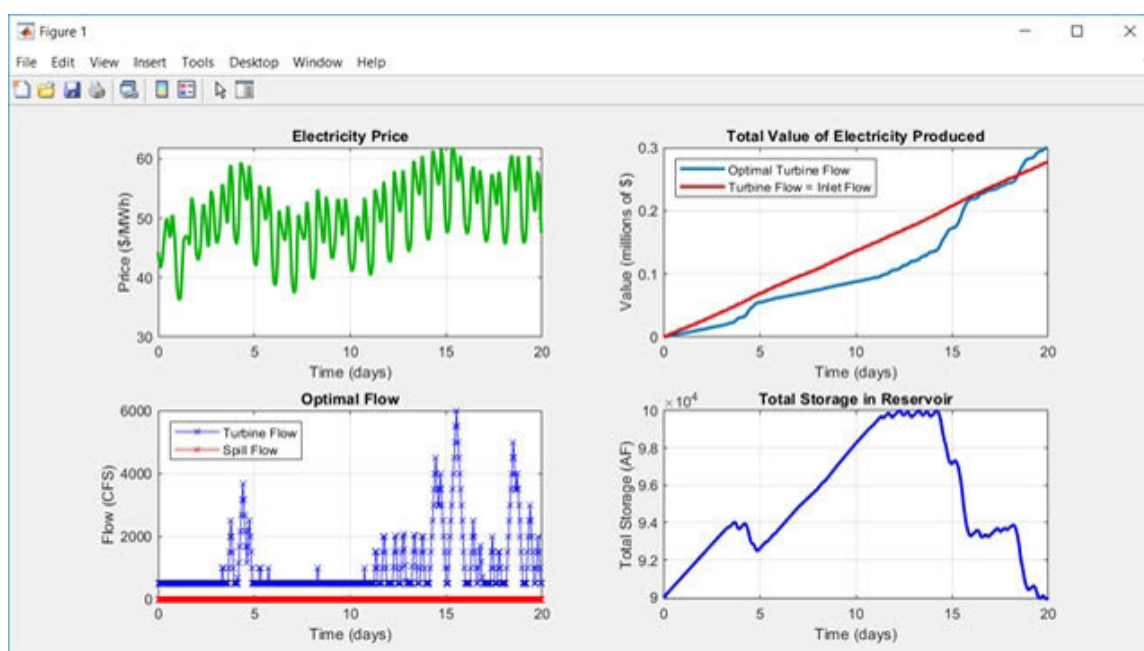
Mathematica выполняет математические расчеты, алгебраические операции, численные приближения, визуализацию, расчеты в теории чисел, анализ данных, геометрические вычисления, вычисление на графах, интерактивные вычисления, обработку данных.

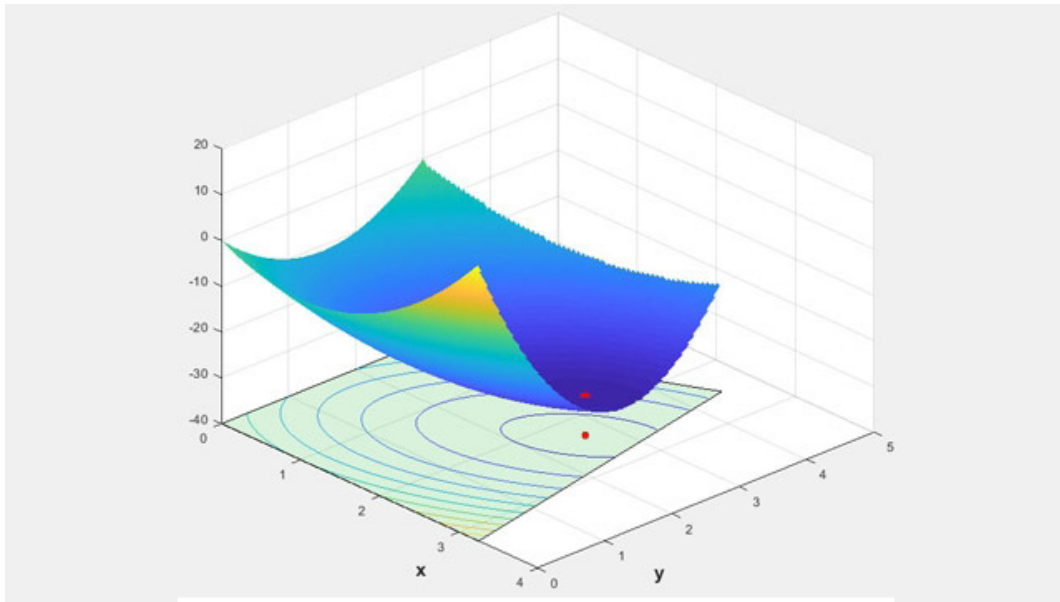
Содержит более 150000 примеров из Documentation Center и более 10000 демонстраций с открытым кодом в Wolfram Demonstrations Project и большого количества других ресурсов.

Система Mathematica может быть интегрирована с облаком, позволяя совместное использование облачных расчётов. Mathematica может подключаться более чем 180 файловым форматам, другим языкам, Wolfram Data Drop, API, базам данных, программам, интернету вещей, устройствам и даже распределённым копиям самой себя.

1.3 Matlab

MATLAB – пакет прикладных программ, предназначенный для решения задач различных областей математики, каждая из которых реализована в виде расширения [25]. Расширения включают в себя алгоритмы для решения задач оптимизации, статистики, обработки сигналов, а также предоставляют доступ к символьным и параллельным вычислениям на видеокарте и кластере.





MATLAB объединяет среду рабочего стола, настроенную для итеративного анализа и процессов проектирования, с языком программирования, который напрямую выражает математику матриц и матриц.

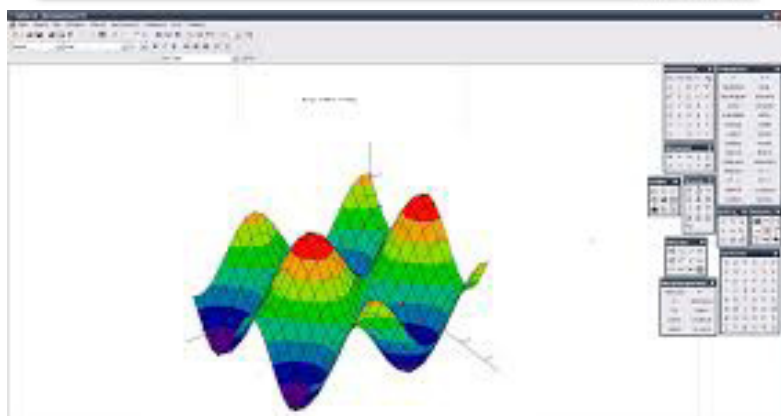
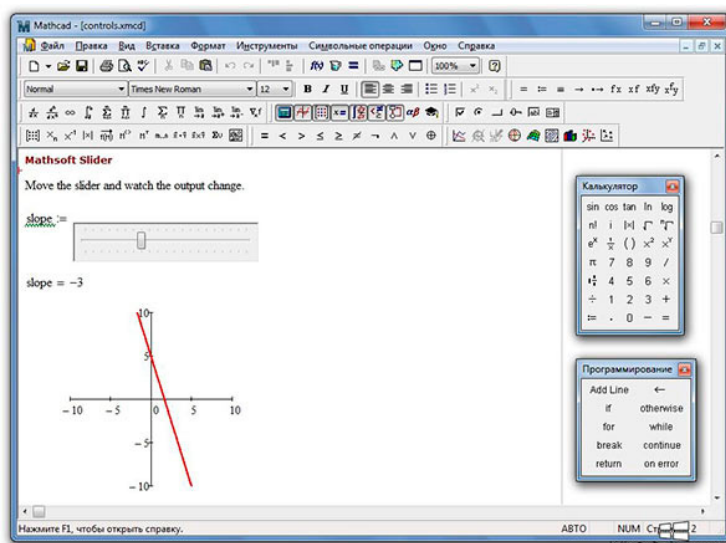
MATLAB – это язык инженерных расчетов, графические приложения (приложения с графическим интерфейсом), средства разработки программного обеспечения. Более сотни прикладных программ (toolboxes) – профессиональных расширений системы и ее адаптации под решение определенных классов математических и научно-технических задач.

Уникальные возможности MATLAB. Полноценный фреймворк для разработки систем и обучения алгоритмов с искусственным интеллектом на больших данных для задач машинного зрения, обработки сигналов, систем управления и анализа текстовых данных. Проектирование встраиваемых алгоритмов посредством моделирования и автоматической генерации кода для систем управления и обработки сигналов. Создание стендов на базе контрольно-измерительного оборудования и устройств сбора данных для автоматизации испытаний и регрессивного тестирования. Моделирование посредством систем дифференциальных уравнений в численном и символьном виде, статистическое моделирование и решение задач математической оптимизации.

1.4 MathCad

Mathcad – это приложение для математических и инженерных вычислений, промышленный стандарт проведения, распространения и хранения расчетов [29]. Mathcad – продукт компании PTC – мирового

лидера разработки систем САПР, PDM и PLM. Mathcad является универсальной системой, т.е. может использоваться в любой области науки и техники – везде, где применяются математические методы.



Документы Mathcad представляют расчеты в виде, очень близком к стандартному математическому языку, что упрощает постановку и решение задач. Mathcad содержит текстовый и формульный редактор, вычислитель, средства научной и деловой графики, а также огромную базу справочной информации, как математической, так и инженерной. Редактор формул обеспечивает естественный «многоэтажный» набор формул в привычной математической нотации (деление, умножение, квадратный корень, интеграл, сумма и т.д.). Мощные средства построения графиков и диаграмм сочетают простоту использования и эффективные способы визуализации данных и подготовки отчетов.

Вычислительные средства Mathcad обеспечивают расчеты по сложным математическим формулам, включая численные методы и аналитические преобразования. Mathcad имеет большой набор встроенных математических функций, позволяет вычислять ряды, суммы,

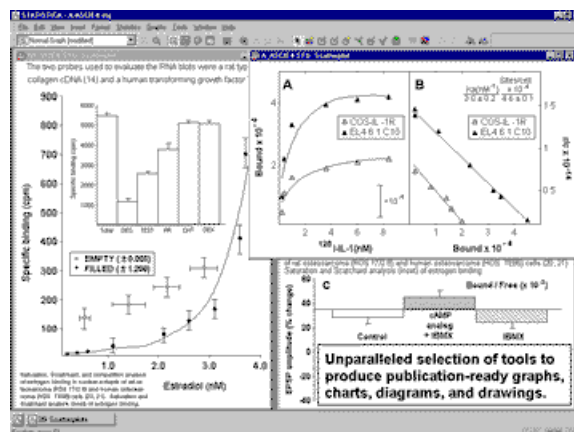
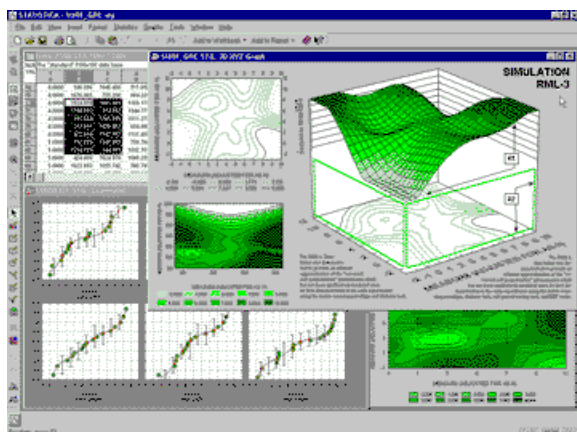
произведения, интегралы, производные, работать с комплексными числами, решать линейные и нелинейные уравнения, а также дифференциальные уравнения и системы, проводить минимизацию и максимизацию функций, выполнять векторные и матричные операции, статистический анализ и т.д. Автоматически ведётся контроль размерностей и пересчёт в разных системах измерения (СИ, СГС и др.).

Mathcad обеспечивает уникальную, интуитивную инженерную среду, которая позволяет быстро осуществлять важные инженерные вычисления, в том числе и разработку технического задания, анализ исходных данных, выбор методов решения, уравнений, обоснование допущений, а также обмениваться этими вычислениями.

В отличие от классического инструмента программирования или электронных таблиц интерфейс Mathcad отображает на дисплее естественную математическую нотацию, понятную даже людям, далеким от компьютеров. Так как рабочие листы содержат вычисления в реальном времени, то одно – единственное нажатие клавиши, изменяющее входные данные или вид уравнения, немедленно возвращает обновленный результат. В случае изменения значения переменной происходит немедленный пересчет результата и обновление двумерных или трехмерных графиков, что избавляет от необходимости пересчета вручную. Результаты вычислений сохраняются в рабочих листах, которые могут использоваться повторно и легко преобразуются в целый ряд форматов.

1.5 STATISTICA

STATISTICA – пакет прикладных программ, предназначенный для решения задач статистики, таких, как обработка, анализ и визуализация данных, а также для кластеризации, классификации и поиска исследуемых объектов [33].



Интерфейс *STATISTICA* является интуитивно понятным, легко настраивается в соответствии с пользовательскими задачами и аналогичен интерфейсу стандартных Windows-приложений, поэтому легко осваивается пользователем.

Анализ данных проводится интерактивно, в режиме последовательно открывающихся диалоговых окон. Любое окно анализа сконструировано таким образом, что на первой вкладке содержатся только самые необходимые кнопки, а на последующих вкладках – углубленные методы и специальные опции.

STATISTICA содержит графический модуль, имеющий удобные инструменты для эффективной и наглядной визуализации данных, проведения графического анализа. Более 10 000 различных типов графиков, имеют богатые возможности редактирования, интерактивной настройки (вращение, масштабирование, прозрачность и др.).

STATISTICA позволяет напрямую производить импорт/экспорт данных из Microsoft Office, работать в Microsoft Excel "внутри" *STATISTICA*, автоматически сохранять результаты в Microsoft Word. Взаимодействует с любыми реляционными базами данных (Oracle, MS SQL Server, Informix, Access и др.), хранилищами бизнес-информации SAP Business Warehouse.

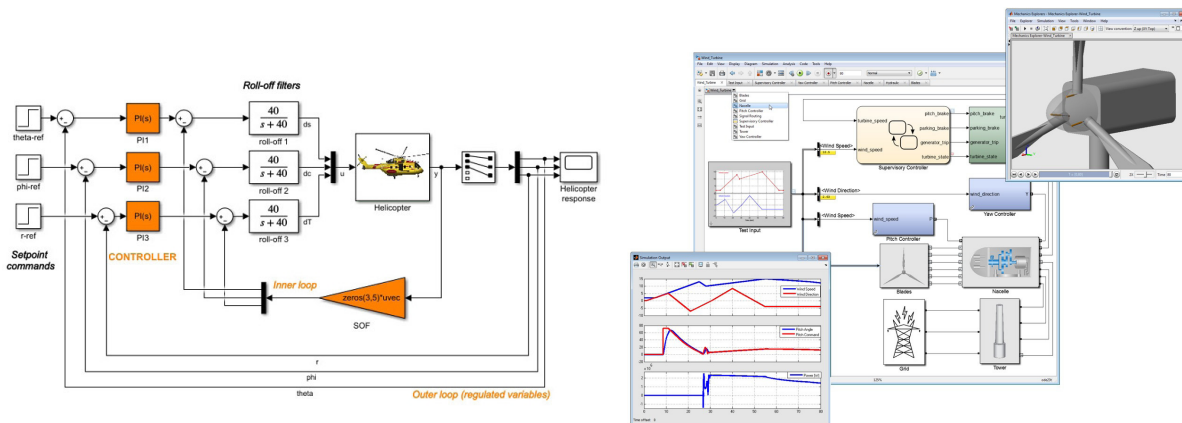
STATISTICA позволяет автоматизировать любые процедуры с помощью *STATISTICA* Visual Basic. Полный COM-ориентированный интерфейс среды *STATISTICA* Visual Basic (SVB), позволяют создавать пользовательские приложения и надстройки над *STATISTICA* для автоматизации любых еженедельных или длительных процедур.

Доступ ко всем свойствам через объектную модель, мощный отладчик процедур, браузер функций и т.д. позволяют создавать необходимые приложения максимально быстро.

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1 Simulink

Simulink – среда динамического междисциплинарного моделирования сложных технических систем и основной инструмент для модельно-ориентированного проектирования [31]. Его основным интерфейсом является графический инструмент для построения диаграмм и настраиваемый набор библиотек блоков. Он предлагает тесную интеграцию со средой MATLAB и может либо использовать MATLAB, либо создавать сценарии из него. *Simulink* широко используется в автоматическом управлении и цифровой обработке сигналов для многодоменного моделирования и проектирования на основе моделей.



В сочетании с другими своими продуктами *Simulink* может автоматически генерировать исходный код на языке C для реализации систем в режиме реального времени. Поскольку эффективность и гибкость кода улучшаются, он становится все более широко распространенным для производственных систем, в дополнение к тому, что является инструментом для разработки встроенных систем из-за его гибкости и способности к быстрой итерации. Встроенный кодер создает код, достаточно эффективный для использования во встроенных системах.

Simulink предназначен для моделирования и симуляций на системном уровне, что позволяет проводить всестороннее исследование разрабатываемой системы в единой среде проектирования.

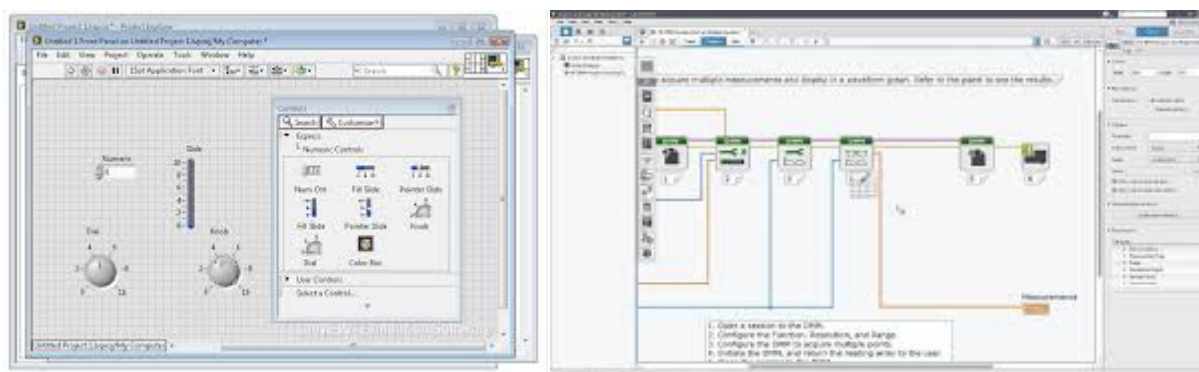
Моделирование и симуляции позволяют провести проверку поведения системы в критических условиях или аварийных сценариях. Тем самым происходит снижение затрат на дорогостоящие физические прототипы. Проверка системы осуществляется с помощью полунатурного моделирования и быстрого прототипирования.

Модели Simulink поддерживают автоматическую генерацию кода промышленного качества на языках C, C++ и HDL. Результаты работы сгенерированного кода и модели идентичны. Следующим шагом является развертывание кода на целевом вычислителе или FPGA/ASIC.

2.2 LabVIEW

LabVIEW – программное обеспечение для системного проектирования в отраслях, где требуется проведение испытаний, измерений и осуществление управления, а также быстрый доступ к оборудованию и результатам анализа данных [27].

LabVIEW используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами. Идеологически LabVIEW очень близка к SCADA-системам, но в отличие от них в большей степени ориентирована на решение задач не столько в области АСУ ТП, сколько в области АСНИ.



Программа LabVIEW является виртуальным прибором (англ. Virtual Instrument) и состоит из двух частей: *блочной диаграммы*, описывающей логику работы виртуального прибора; *лицевой панели*, описывающей внешний интерфейс виртуального прибора.

Виртуальные приборы могут использоваться в качестве составных частей для построения других виртуальных приборов.

Лицевая панель виртуального прибора содержит средства ввода-вывода: кнопки, переключатели, светодиоды, верньеры, шкалы, информационные табло и т. п. Они используются человеком для управления виртуальным прибором, а также другими виртуальными приборами для обмена данными.

Блочная диаграмма содержит *функциональные узлы*, являющиеся источниками, приёмниками и средствами обработки данных. Также

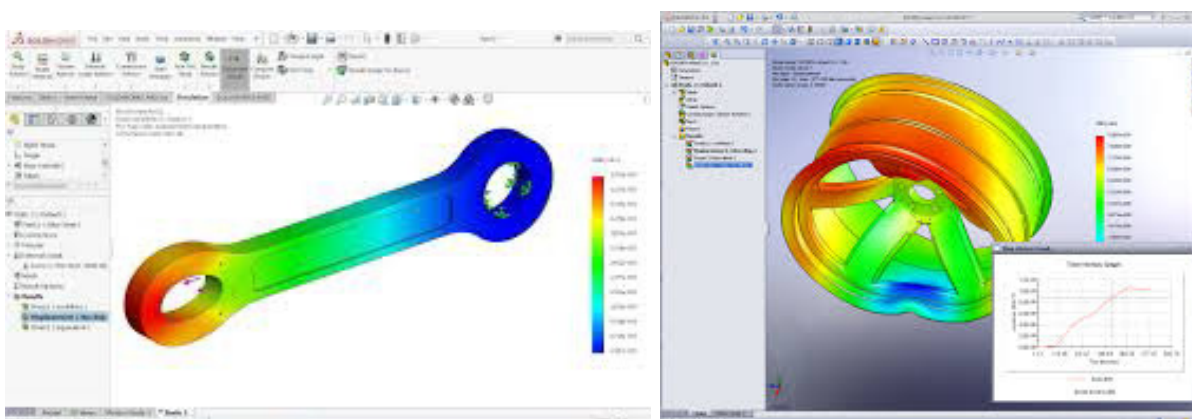
компонентами блочной диаграммы являются *терминалы* («задние контакты» объектов лицевой панели) и *управляющие структуры* (являющиеся аналогами таких элементов текстовых языков программирования, как условный оператор «IF», операторы цикла «FOR» и «WHILE» и т. п.).

Функциональные узлы и терминалы объединены в единую схему линиями *связей*.

LabVIEW поддерживает огромный спектр оборудования различных производителей и имеет в своём составе (либо позволяет добавлять к базовому пакету) многочисленные библиотеки компонентов.

2.3 SOLIDWORKS Simulation

SOLIDWORKS Simulation – моделирование реальных условий при проектировании повышает качество изделий и значительно сокращает затраты на создание прототипов и физические испытания [32].



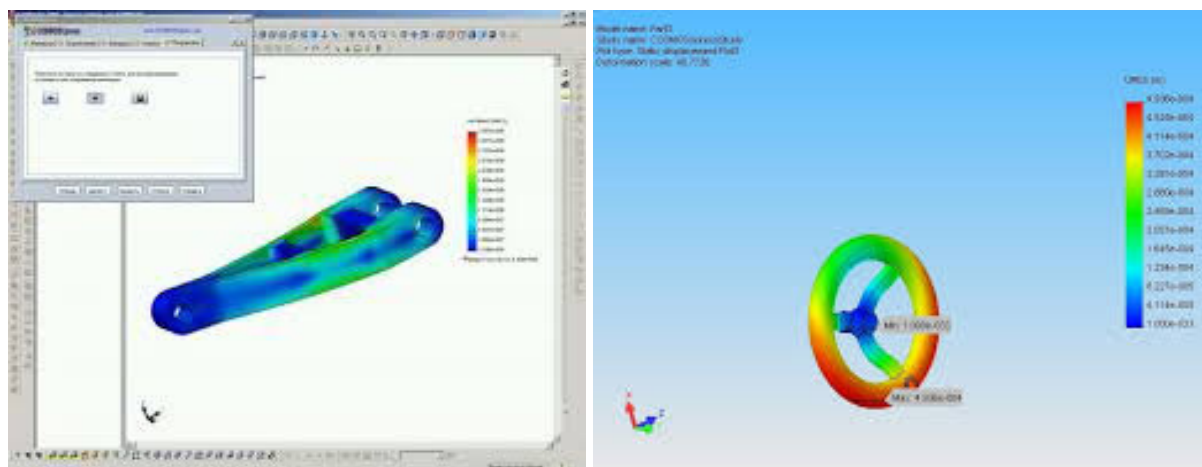
Удобная виртуальная среда для моделирования линейного и статистического движения на основе времени и высокоциклической усталости. Реализована параллельная разработка изделий инженерами нескольких смежных дисциплин.

2.4 COSMOS SolidWorks.

Семейство программных продуктов, разрабатываемых корпорацией SolidWorks под общим названием COSMOS, содержит большое количество модулей для решения различных инженерных задач [8]. Это модули, необходимые для конструкторов (SolidWorks, COSMOSWorks); модули, применяемые специалистами в области гидрогазодинамики (COSMOSFloWorks), и, наконец, программы, позволяющие рассчиты-

вать кинематику и динамику механизмов (COSMOSMotion). Такие разные задачи объединены единым информационным полем SolidWorks, который используется в качестве пре- и постпроцессора. Для решения расчетных задач нет необходимости транслировать данные, не нужно выходить из программной оболочки SolidWorks – достаточно подключить востребованный модуль и провести расчет.

В базовый конструкторский пакет SolidWorks включена специальная функция экспресс-анализа прочности деталей – COSMOSXpress. Благодаря ей можно быстро и качественно оценить работоспособность конструкции, определить напряженно-деформированное состояние деталей, созданных в SolidWorks или импортированных из других систем.

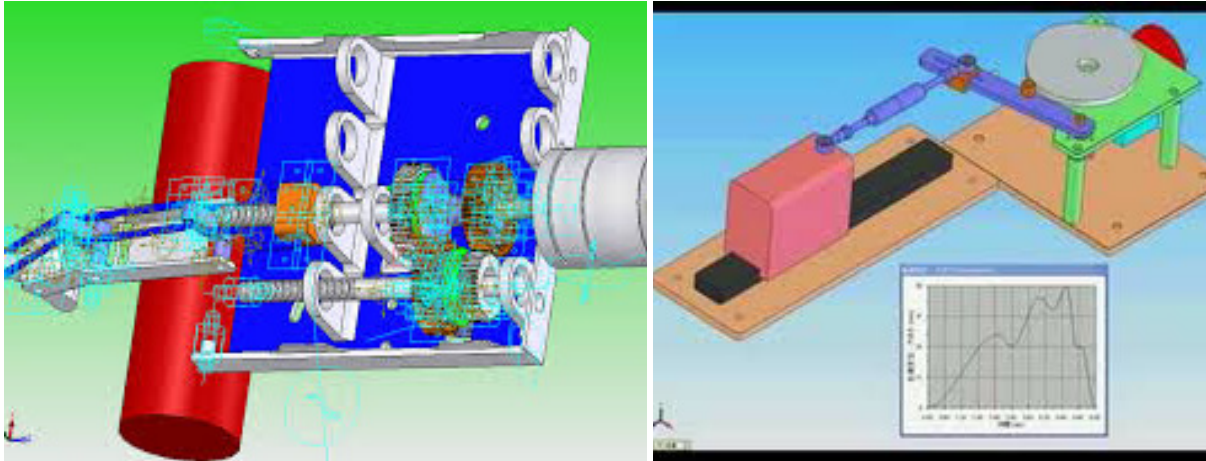


COSMOSWorks является одним из лучших решений в области прочностных расчетов, реализованных в интерфейсе SolidWorks. Поскольку работа осуществляется в едином информационном пространстве с SolidWorks, исключается необходимость использовать какие-либо трансляторы для экспорта геометрии.

Это обеспечивает отсутствие ошибок в геометрии и, как следствие, в конечно-элементной модели. Изменение геометрической модели автоматически отслеживается в COSMOSWorks.

Русификация интерфейса облегчает освоение системы пользователями. Большое количество справочных пособий, учебных примеров и документации также увеличивает эффективность работы с системой.

Модуль COSMOSMotion предназначен для кинематического и динамического расчета системы. Так же, как и COSMOSWorks, полностью интегрированный в SolidWorks, он наилучшим образом подходит для решения проектировочных задач.

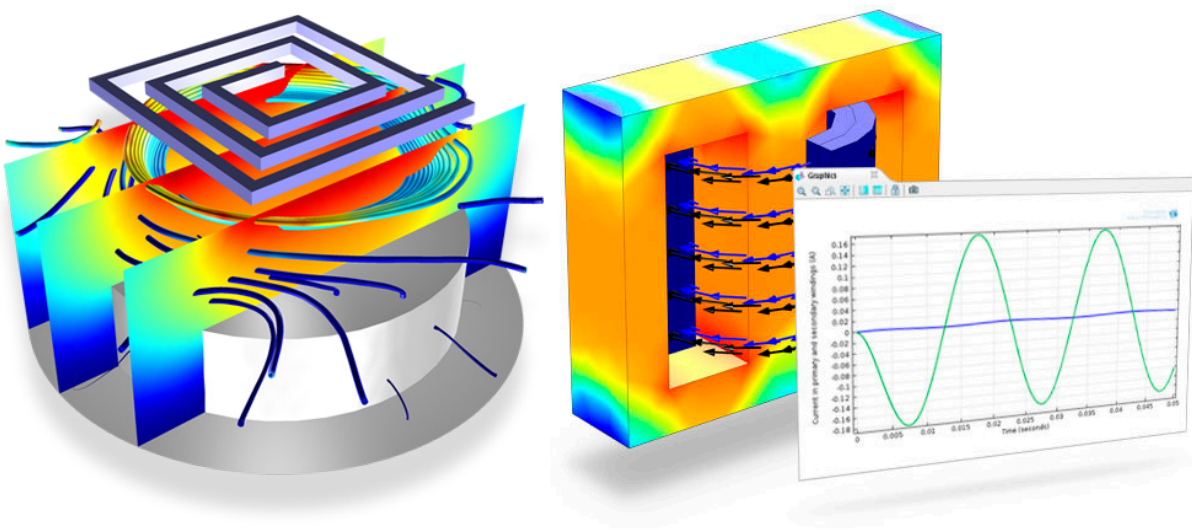


COSMOSMotion работает со сборками SolidWorks. При подключении этого модуля можно в автоматическом режиме распознать компоненты сборки и сопряжения. При этом COSMOSMotion, основываясь на данных анализа, создает звенья и шарниры механизма. Модуль самостоятельно определяет, какие звенья неподвижны, а какие имеют степени свободы.

Кроме того, пользователь в любой момент может добавить любой шарнир или отредактировать существующий (например, добавить трение).

2.5 Vsim

Vsim - набор программ, предназначенный для симуляции и расчета сложных физических процессов динамики плазмы, электромагнитных систем, разреженных и плотных газов [36].



VSim – это гибкий, мультиплатформенный, программный инструмент для мультифизического моделирования. VSim предназначен для выполнения вычислительно-интенсивного электромагнитного, электростатического и плазменного моделирования при наличии сложных диэлектрических, магнитных и металлических форм.

VSim моделирует множество задач на регулярных, структурированных, ортогональных сетках сложной геометрии, используя встроенные границы. Геометрия может быть импортирована в VSim из CAD-моделей или построена в интерфейсе VSimComposer.

Конформные методы VSim для конечных разностей во временной области и граничные условия для конформных частиц позволяют быстро вычислять уравнения Максвелла.

Самосогласованные решения в присутствии заряженных частиц выполняются VSim с использованием методов «частицы в ячейке» (PIC) или методов с заряженной жидкостью.

VSim для базовой физики (VSimBase), содержит базовые функциональные возможности, можно использовать отдельно для изучения явлений, имеющих форму плит (выровненных по сетке).

VSimBase включает в себя электромагнитные и электростатические решатели с простой динамикой плазмы.

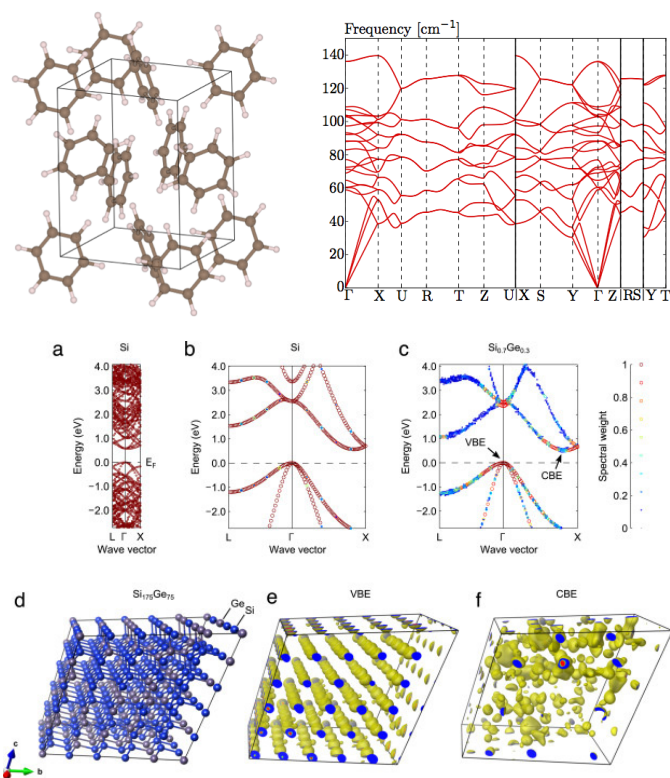
Усовершенствованные пакеты VSim (Электромагнетизм (VSimEM), Микроволновые устройства (VSimMD), Плазменное ускорение (VSimPA), Плазменные разряды (VSimPD)) расширяют функциональность VSimBase со специальными возможностями, необходимыми для этих областей применения физики. Усовершенствованные пакеты включают в себя методы высокого порядка для моделирования срезаемых ячеек как первичной, так и вторичной электронной эмиссии, контроля дисперсии, распыления, столкновений и ионизации поля.

Все пакеты VSim предоставляют мощный инструмент, охватывающий широкий спектр физики.

VSim с его пакетами может использоваться для всего: от обучения фундаментальным процессам до продвинутого моделирования систем сложной формы.

2.6 Abinit

Abinit – пакет прикладных программ, предназначенный для решения задач материаловедения в рамках теории функционала плотности, в частности, для нахождения электронной плотности, расчета полной энергии и свойств материалов [7].



Abinit – позволяет рассчитывать оптические, механические, вибрационные и другие наблюдаемые свойства материалов. Начиная с квантовых уравнений *теории функционала плотности*, может создавать расширенные приложения с *теориями возмущений*, основанными на DFT, и многочастичными *функциями Грина* (GW и DMFT).

Abinit может рассчитывать молекулы, наноструктуры и твердые вещества с любым химическим составом и поставляется с *несколькими полными и надежными таблицами атомных потенциалов*.

2.7 CRYSTAL

CRYSTAL – пакет прикладных программ для расчетов в области квантовой химии твердого тела [14]. Разработан специально для моделирования 3- и 2-периодических кристаллических решеток и 1-периодических полимеров. Crystal позволяет вычислять энергию основного состояния, ее изменение, а также волновые функции и параметры периодических систем.

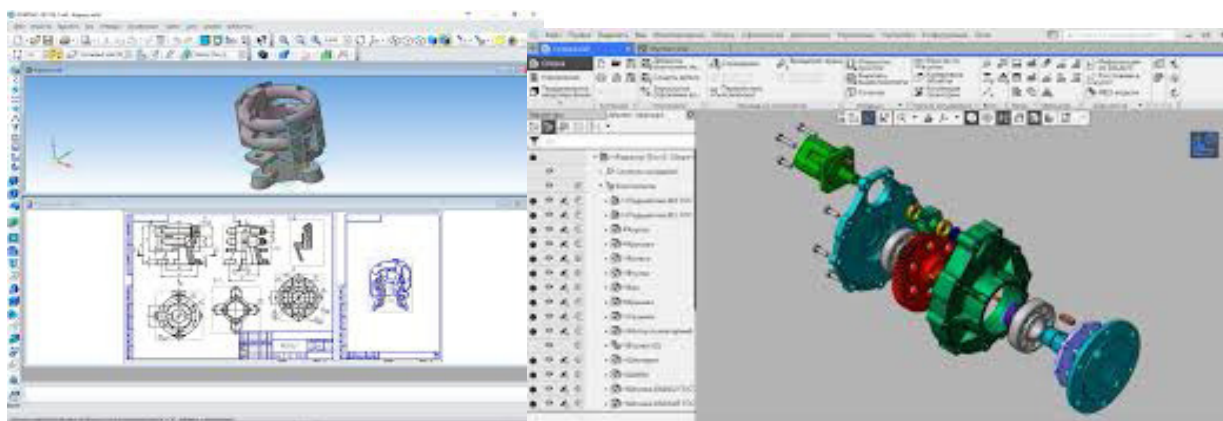
КРИСТАЛЛ позволяет проводить последовательные исследования физических и химических свойств молекул, полимеров, поверхностей и кристаллических твердых тел: структурные особенности; вибрационные свойства; электронную структуру; магнитные свойства; диэлектрические свойства; эластичные свойства.

3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1 КОМПАС-3D

КОМПАС-3D – мощная и универсальная система трёхмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий благодаря простоте освоения и широким возможностям твердотельного, поверхностного и прямого моделирования [2].

Ключевой особенностью продукта является обеспечение сквозного процесса проектирования от реализации идеи в 3D до подготовки полного комплекта документации. В основе КОМПАС-3D лежат собственное математическое ядро и параметрические технологии, разработанные специалистами АСКОН. Продукт содержит инструменты для коллективного проектирования изделий и объектов строительного проектирования любой степени сложности и позволяет подготовить полноценную электронную модель изделия, здания и сооружения.

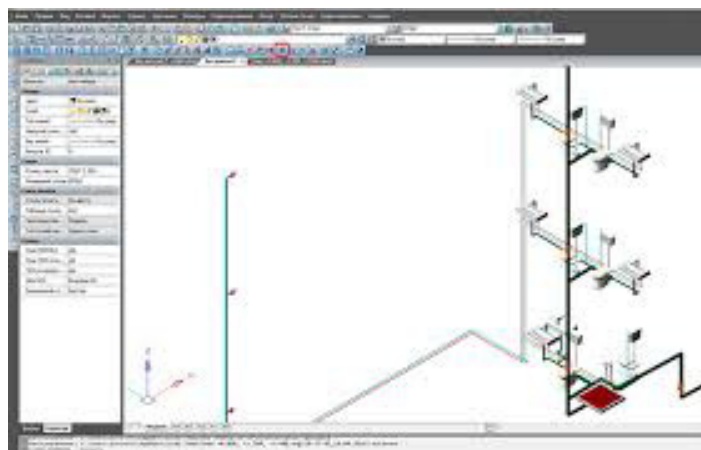
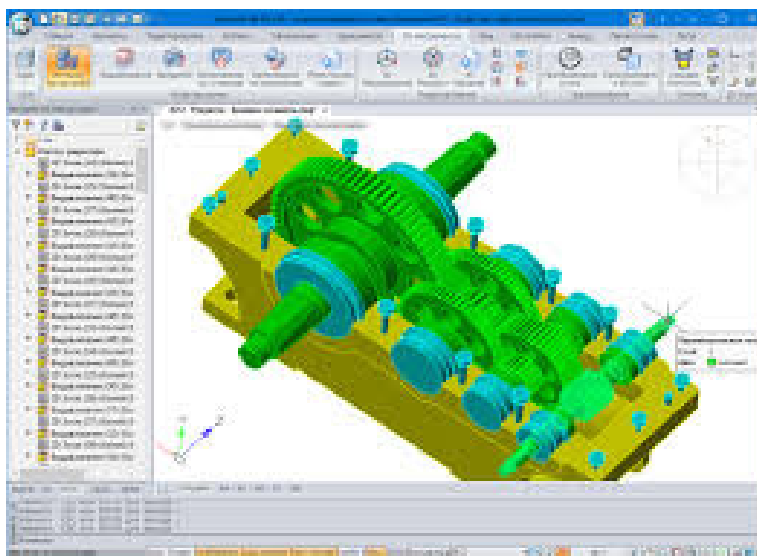


Для встраивания в гетерогенные (мультиCAD) среды КОМПАС-3D поддерживает импорт-экспорт файлов форматов STEP, IGES, ASCII, STL, DXF, DWG, PARASOLID и другие. Помимо инструментария для 3D-проектирования в состав КОМПАС-3D входит КОМПАС-График – лучшая автоматизированная система разработки и оформления конструкторской и проектной документации, ориентированная на полную поддержку стандартов ЕСКД, СПДС или стандартов конкретного предприятия.

3.2 NanoCAD 3D

В *NanoCAD 3D* сочетаются 2 подхода в единой среде моделирования: *параметрическое моделирование* – служит для создания но-

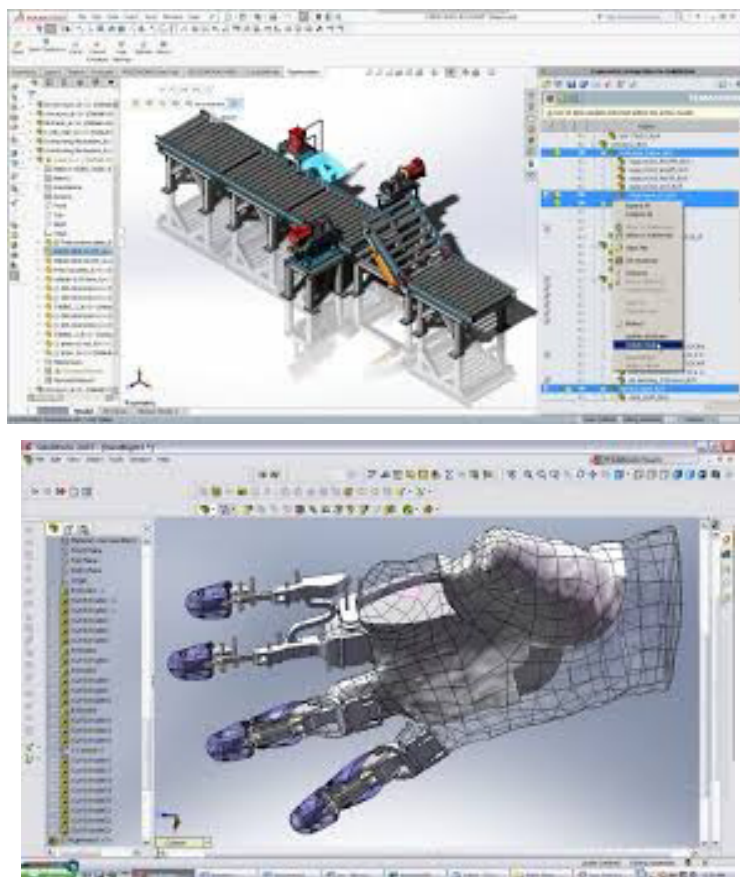
вых модификаций, исполнений отдельных деталей и изделий в целом, на основе ранее созданной геометрии, по средствам изменения числовых значений. *Прямое моделирование* предоставляет широкие возможности для воплощения современных идей при прототипировании и оптимизации конструкторских моделей [26]. Грамотное комбинирование этих двух технологий в nanoCAD 3D открывает новые горизонты в проектировании на любом уровне и даёт свободу для инженерного творчества при сохранении точности и практичности.



Удобство навигации при работе с 3D-графикой в системе также обеспечивают имеющиеся инструменты для ориентации трехмерной геометрии в пространстве: 3D-Перемещение, 3D-Поворот, 3D-выравнивание. Настройка, позволяющая переключаться со свободной орбиты на ограниченную, предоставляет возможности комфортной работы с 3D-объектами в любой сфере проектирования как в строительстве, так и в машиностроении, а также в нефтегазовой отрасли и других областях промышленного и гражданского проектирования.

3.3 SolidWorks

SolidWorks – программный комплекс для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства [32]. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения.



Решаемые задачи.

Конструкторская подготовка производства (КПП).

3D-проектирование изделий (деталей и сборок) любой степени сложности с учётом специфики изготовления. Создание конструкторской документации в строгом соответствии с ГОСТ. Промышленный дизайн. Обратная разработка. Проектирование коммуникаций (электрожгуты, трубопроводы и пр.). Инженерный анализ (прочность, устойчивость, теплопередача, частотный анализ, динамика механизмов, газо/гидродинамика, оптика и светотехника, электромагнитные расчеты, анализ размерных цепей и пр.).

Технологическая подготовка производства (ТПП).

Проектирование оснастки и прочих средств технологического оснащения. Анализ технологичности конструкции изделия. Анализ тех-

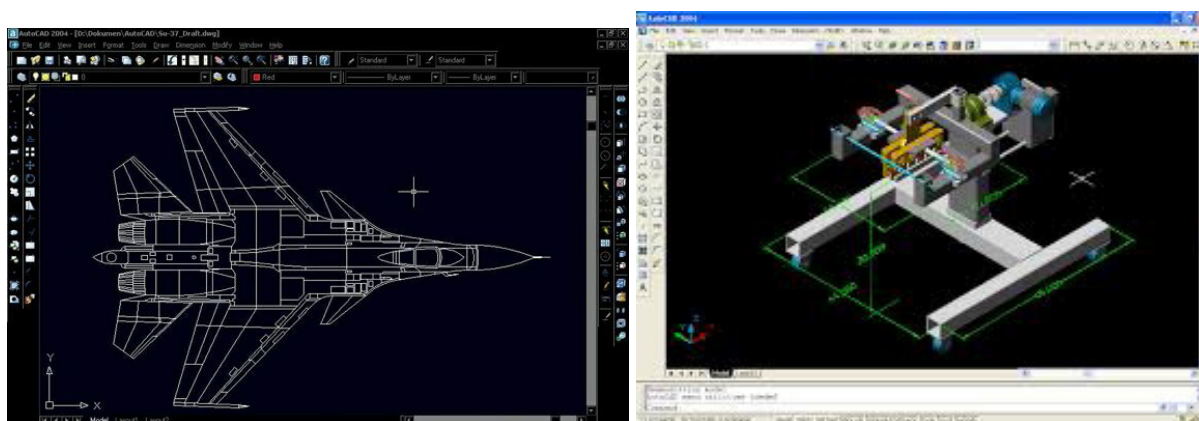
нологичности процессов изготовления (литье пластмасс, анализ процессов штамповки, вытяжки, гибки и пр.). Разработка технологических процессов по ЕСТД. Материальное и трудовое нормирование. Механообработка: разработка управляющих программ для станков с ЧПУ, верификация УП, имитация работы станка. Фрезерная, токарная, токарно-фрезерная и электроэрозионная обработка, лазерная, плазменная и гидроабразивная резка, вырубные штампы, координатно-измерительные машины. Управление данными и процессами на этапе ТПП.

Управление данными и процессами.

Работа с единой цифровой моделью изделия. Электронный технический и распорядительный документооборот. Технологии коллективной разработки. Работа территориально-распределенных команд. Ведение архива технической документации по ГОСТ. Проектное управление. Защита данных. ЭП. Подготовка данных для ERP, расчет себестоимости.

3.4 AutoCAD

AutoCAD – система автоматизированного 2D- и 3D-проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. AutoCAD и специализированные приложения на его основе активно применяются в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности. Широкое распространение AutoCAD в мире не в последнюю очередь обусловлено развитыми средствами разработки и адаптации, которые позволяют настроить систему под нужды конкретных пользователей и значительно расширить функционал базовой системы [10].



AutoCAD позволяет решать самые сложные проектные проблемы. Средствами создания произвольных форм моделируются самые разнообразные тела и поверхности; время проверки проектов значительно

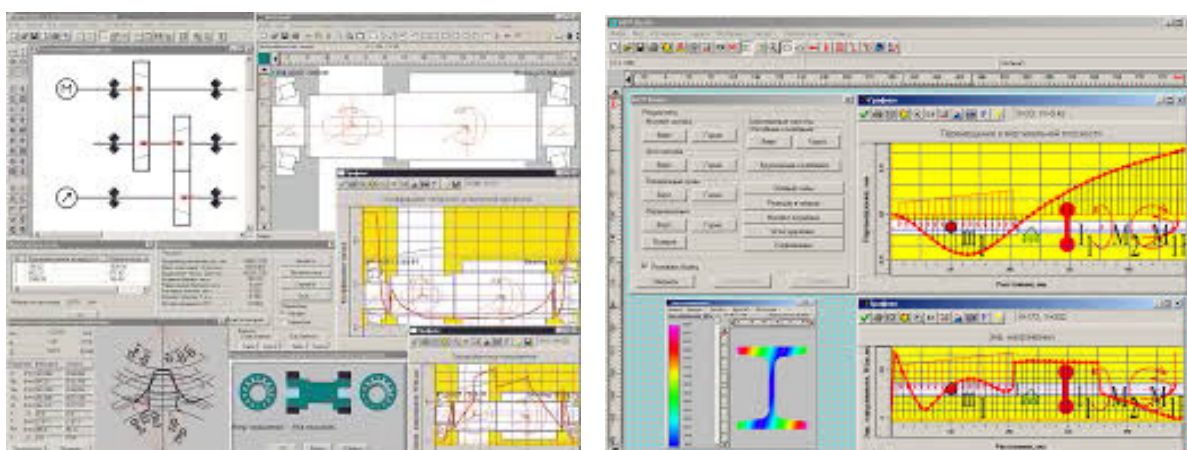
сокращается; параметрические чертежи помогают держать под рукой всю нужную информацию. Проектные идеи можно визуализировать в формате PDF, а также реализовывать в макетах, получаемых посредством 3D-печати.

Преимущества данной программы заключаются в том, что пользователь получает возможность работать с эффективной системой проектной документации: поддержка нескольких типов файлов, закрытого формата (DWG), открытого формата для взаимодействия с пользователями других САПР (DXF), публикатора 3D-моделей (DWF).

Не менее важным техническим условием программы является возможность работы одновременно в нескольких слоях, создавая каждый объект по отдельности, визуализируя или отключая его. Разработчики также добавили функционал, позволяющий поддерживать файлы в форматах 3DS, DGN и SAT.

3.5 WinMachine

APM WinMachine – система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения, разработанная с учетом последних достижений в вычислительной математике, области численных методов и программирования, а также теоретических и экспериментальных инженерных решений. Эта система в полном объеме учитывает требования государственных стандартов и правил, относящихся как к оформлению конструкторской документации, так и к расчетным алгоритмам [1].



В состав APM WinMachine входят: APM Structure3D – модуль расчета напряженно-деформированного состояния, устойчивости, собственных и вынужденных колебаний деталей и конструкций ме-

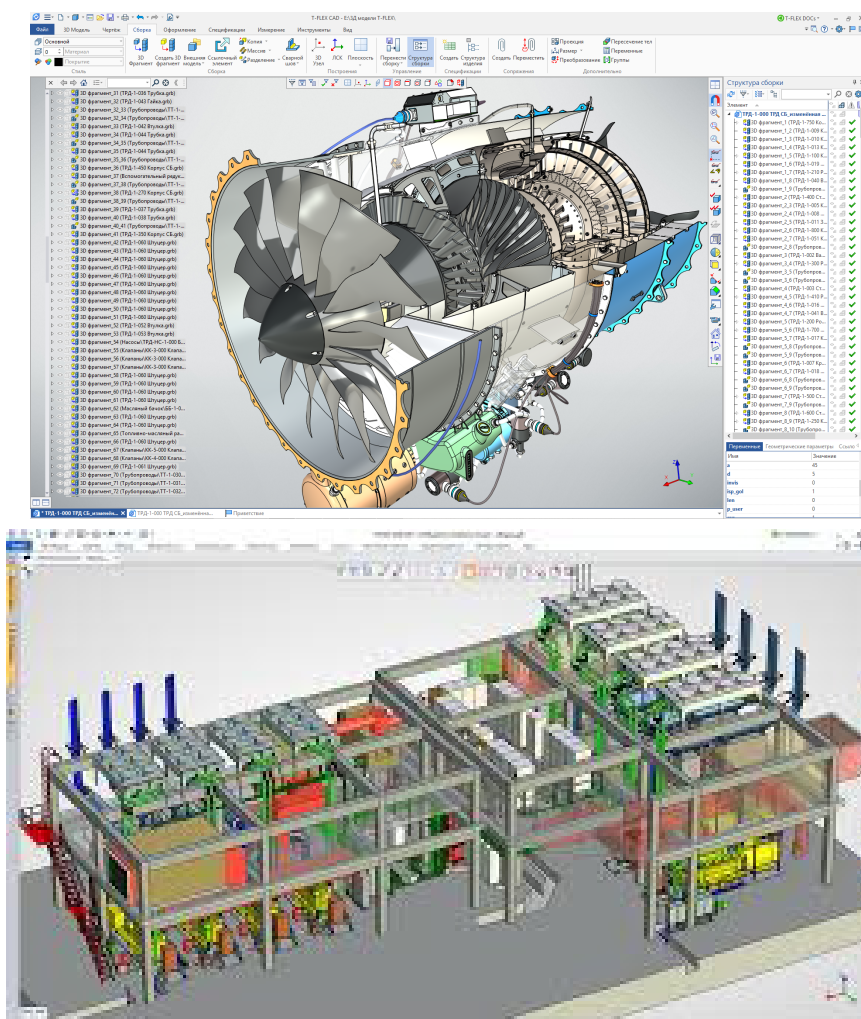
тодом конечных элементов; APM Graph – плоский параметрический чертежно-графический редактор с инструментом расчета размерных цепей; APM Studio – пре- и постпроцессор создания моделей для прочностного (конечно-элементного) анализа с возможностью импорта файлов формата step; APM Joint – модуль расчета и проектирования соединений элементов машин; APM Trans – модуль расчета и проектирования механических передач вращения; APM Shaft – модуль расчета и проектирования валов и осей; APM Bear – модуль расчета и проектирования подшипниковых узлов качения с учетом их класса точности; APM Drive – модуль автоматизированного проектирования привода вращательного движения произвольной структуры; APM Spring – модуль расчета и проектирования упругих элементов машин; APM Cam – модуль расчета и проектирования кулачковых механизмов; APM Plain – модуль расчета и проектирования подшипников скольжения; APM Screw – модуль расчета неидеальных винтовых передач (скольжения, шарико- и планетарно-винтовых); APM Dynamics – модуль кинематического анализа рычажных механизмов; APM Base – модуль создания и редактирования баз данных; APM Section Data – база данных параметрических сечений; APM Mechanical Data – база данных графической информации стандартных деталей и узлов, справочных данных по машиностроению; APM Material Data – база данных параметров материалов; Batch Structure3D – модуль пакетного запуска APM Structure3D.

APM WinMachine обладает широкими функциональными возможностями для создания моделей конструкций, выполнения необходимых расчетов и визуализации полученных результатов. Использование этих возможностей позволит сократить сроки проектирования и снизить материалоемкость конструкций, а также уменьшить стоимость проектных работ и производства в целом.

3.6 T-Flex CAD

T-Flex CAD – профессиональная конструкторская программа, объединяющая в себе мощнейшие параметрические возможности 2D и 3D моделирования. T-Flex CAD отличается особой производительностью и стабильностью и предлагает инновационные инструменты для создания специализированных систем автоматизированного проектирования в области трубопроводов, металлоконструкций, электрических схем, строительных и многих других конструкций. Система ориентирована на профессионалов в области проектирования, содержит

все необходимые инструменты для расчета, конструирования и подготовки производства конструкций всех уровней сложности [5].



Широкие средства автоматизации проектирования, специальные инструменты для работы с большими сборками, единая документная структура, возможность вести коллективную разработку – вот лишь некоторые из особенностей, позволяющих выделить T-FLEX CAD среди других программ.

T-FLEX CAD построена на геометрическом ядре Parasolid (©Siemens PLM software), которое сегодня считается лучшим ядром для 3D-моделирования, и используется более чем на 1.000.000 рабочих мест по всему миру. Использование ядра Parasolid не только наделяет T-FLEX CAD мощными и надежными инструментами 3D-моделирования, но также обеспечивает интеграцию с лучшими программами проектирования и расчетов, такими как, SolidWorks, Solid Edge, AutoCAD, Autodesk Inventor, IGA Technologies, Siemens NX, CATIA, Creo, Pro/ENGINEER, и др.

4 ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

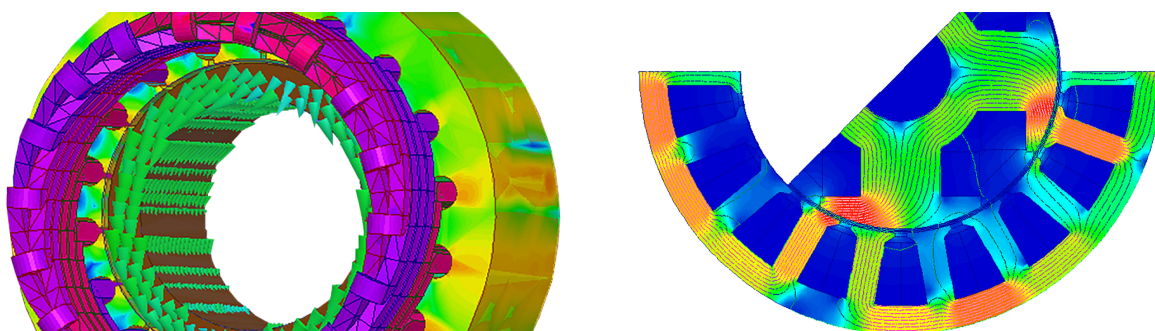
4.1 Электроника и электротехника

4.1.1 ANSYS Multiphysics.

Электромеханическая и силовая электроника

ANSYS Multiphysics – пакет прикладных программ, предназначенный для инженерных расчетов и моделирования физических явлений, в том числе электромагнитных, физических и волновых взаимодействий. Включает в себя графическую среду моделирования [9].

Электромеханическая и силовая электроника. Программное обеспечение для моделирования электромеханической и силовой электроники ANSYS подходит для приложений, которые зависят от надежной интеграции двигателей, датчиков и исполнительных механизмов с электронным управлением. Программное обеспечение ANSYS имитирует взаимодействие между этими компонентами, а проектный поток включает термический и механический анализ для оценки стратегий охлаждения и анализа критических механических воздействий, таких как, шум-вибрация-резкость (NVH).

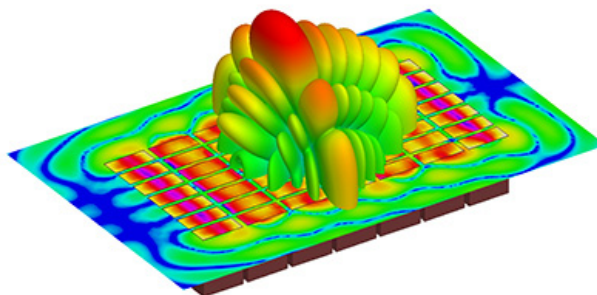
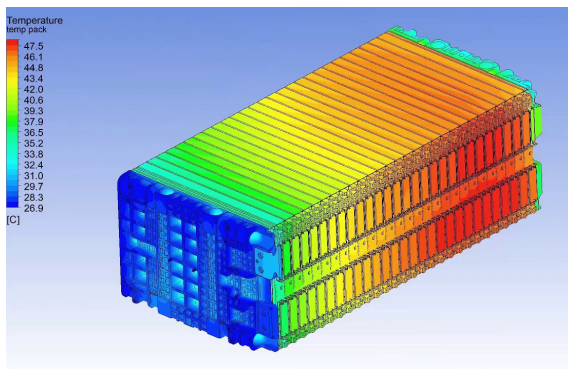


Электроника, терморегулирование. Решения ANSYS electronic для управления температурным режимом используют передовую технологию решения с надежной автоматической сеткой, что позволяет быстро выполнять расчеты теплопередачи и моделирование потока жидкости для конвективного и принудительного воздушного охлаждения.

Электромагнетизм. Электромагнитное, электронное, тепловое и электромеханическое моделирование.

Имитация электромагнитного поля ANSYS помогает быстрее и экономичнее проектировать электрические и электронные продукты. Программное обеспечение ANSYS может моделировать электромагнитные характеристики компонентов, схем и систем, а также оцени-

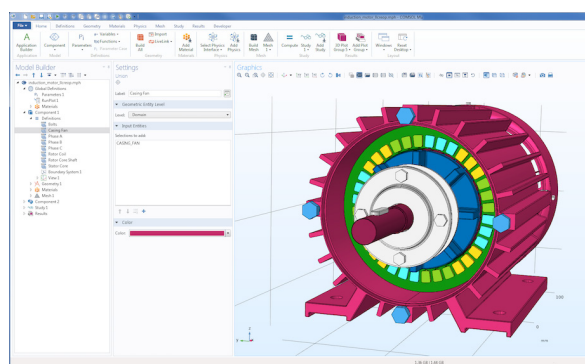
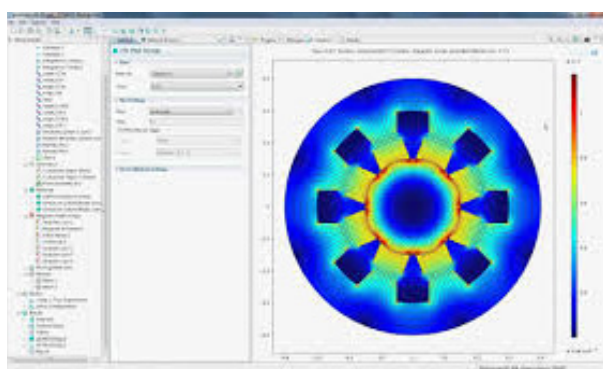
вать температуру, вибрацию и другие критические механические воздействия.



Беспроводная связь. Программное обеспечение для проектирования высокочастотных электромагнитов ANSYS позволяет проектировать, моделировать и проверять характеристики антенн, а также радиочастотных и микроволновых компонентов.

4.1.2 COMSOL Multiphysics. Электромагнитные модули

COMSOL Multiphysics – пакет прикладных программ, предназначенный для инженерных расчетов и моделирования одновременно протекающих физических процессов. Программа имеет доступ к возможностям MATLAB и его расширениям. Пакет COMSOL содержит модули для электромагнитных расчетов (переменный ток, волновая оптика, плазма, полупроводники), а также графическую среду моделирования [13].

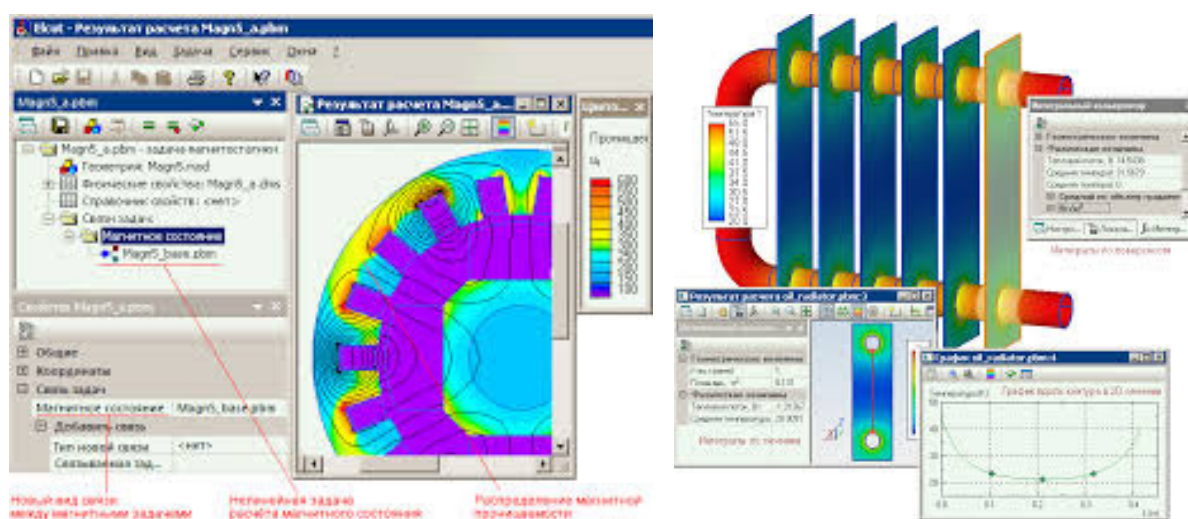


COMSOL Multiphysics – это универсальное программное обеспечение для моделирования конструкций, устройств и процессов во всех областях проектирования, производства и научных исследований. В дополнение к использованию многофизического моделирования можно превратить модели в цифровых двойников для использования другими

проектными группами, производственными отделами, испытательными лабораториями, клиентами и многим другим.

4.1.3 ELCUT

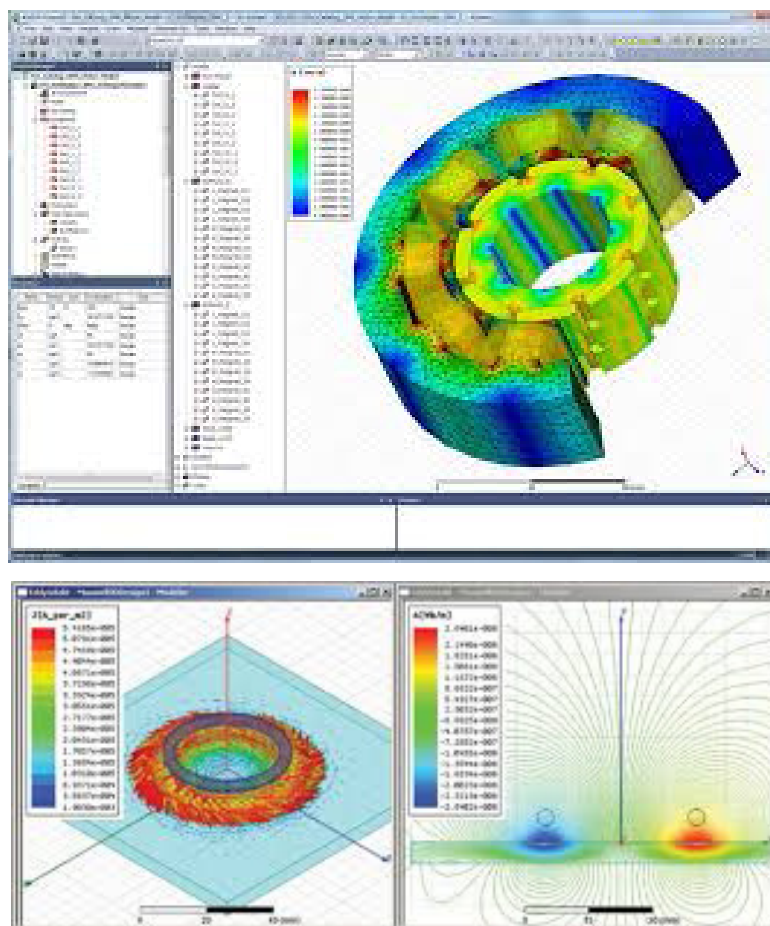
ELCUT – программный продукт, предназначенный для моделирования электрических, магнитных и тепловых полей [17]. В состав ELCUT включены редактор геометрии, редактор данных, решатель и постпроцессор. Тип решателя, редактора данных и постпроцессора зависит от вида решаемой задачи. В документации представлен полный список решаемых задач.



Электрические задачи: электростатика, электрическое поле постоянных токов, электрическое поле переменных токов, нестационарное электрическое поле. Магнитные задачи: магнитостатика, синусоидальное магнитное поле, нестационарное магнитное поле. Тепловые и механические задачи: стационарная теплопередача, нестационарная теплопередача, анализ упругих деформаций.

4.1.4 Maxwell

Maxwell – специализированный программный комплекс для моделирования электромагнитных полей [9]. Ключевые возможности: моделирование низкочастотных двумерных и трехмерных электромагнитных полей методом конечных элементов; переходный нелинейный анализ (при движении (вращение, поступательное движение, вращение по произвольной траектории) компонентов; стыковка с внешней электрической схемой; анализ размагничивания постоянного магнита; вычисление магнитных потерь); гармонический электромагнитный анализ: анализ вихревых токов с учётом скин-эффекта.



Комбинация Maxwell с программным комплексом Simplorer позволяет рассчитывать мощные высокоуровневые электромеханические системы. Подобные технологии позволяют выполнить комплексный расчет систем, состоящих из цифровых и аналоговых цепей, датчиков, электромагнитных устройств, механических, гидравлических и других типов нагрузок, и в конечном счете создавать наиболее полную электромеханическую модель конечного продукта.

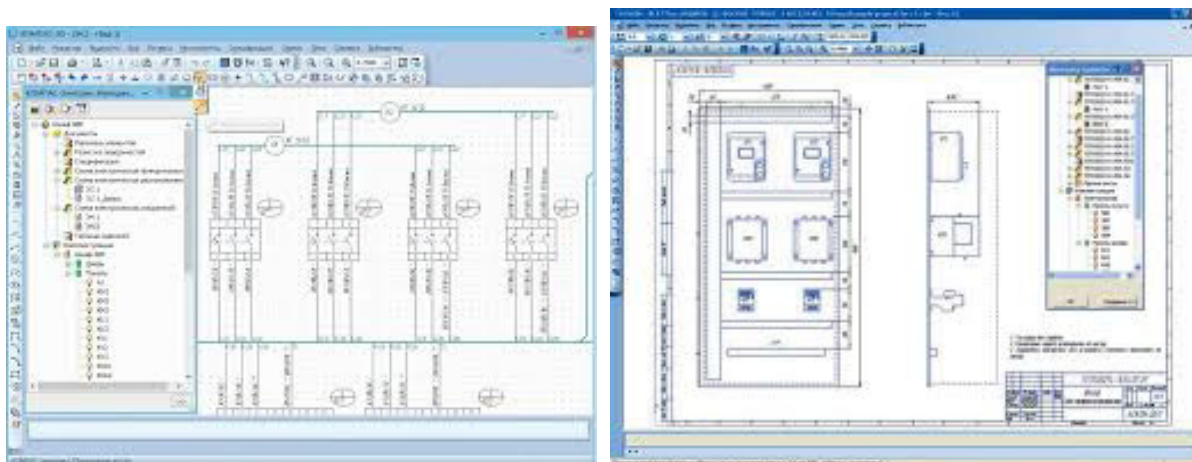
Также Maxwell позволяет передавать данные в модуль ePhysics для выполнения теплового и прочностного анализов.

4.2 Электрическая схемотехника

4.2.1 Компас-Электрик

КОМПАС-Электрик предназначен [2]: для автоматизации проектирования и выпуска комплекта документов (схем и отчетов к ним) на электрооборудование объектов производства, в которых для выполнения электрических связей используется проводной монтаж (низковольтные комплектные устройства (НКУ), системы релейной защиты и автоматики (РЗА), АСУ технологических процессов и т. д.); для авто-

матризации проектирования комплекта документов на электрооборудование объектов производства с применением программируемых логических контроллеров (ПЛК).



Систему можно применять в институтах, конструкторских бюро и отделах, которые проектируют электроприводы, нестандартное оборудование, разрабатывают проекты электроснабжения в промышленном и гражданском строительстве.

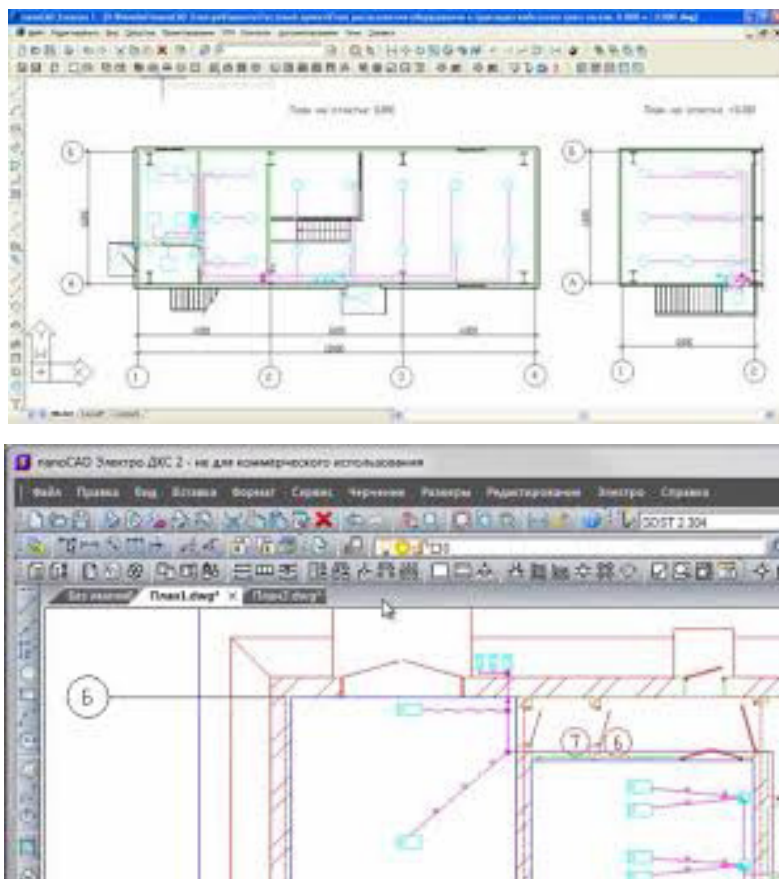
Система состоит из двух основных модулей: Базы данных и Редактора схем и отчетов. База данных системы содержит комплектующие изделия, применяемые в проектах, а также условные графические обозначения (УГО), используемые при создании схем электрического вида. База данных уже имеет первичное наполнение – около 6000 типоразмеров изделий и около 600 графических обозначений. В любой момент времени в нее можно добавлять новые комплектующие изделия и УГО. База может работать на платформе СУБД Microsoft SQL Server, Microsoft Access, Borland InterBase, Oracle. Также в состав системы входит база данных продукции фирмы Schneider Electric, которая содержит более 1800 комплектующих изделий и их описаний.

В Редакторе схем и отчетов создаются, редактируются, оформляются и выводятся на печать документы проекта. Среди них – Схема электрическая принципиальная (Э3), Схема соединений (Э4), Схема расположения (Э7), Перечни элементов, Спецификации, Таблицы соединений и подключений и многое другое.

4.2.2 nanoCAD Электро

Система *nanoCAD Электро* освобождает инженера-проектировщика от трудоемкой рутинной работы: маркировки оборудования,

проведения расчетов, подсчета всего оборудования, изделий, материалов и сведения их в спецификацию, составления кабельного журнала, формирования принципиальных схем сети и многого другого [26]. При этом риск появления в проектной документации ошибок из-за «человеческого фактора» сведен к минимуму. В результате процесс проектирования заметно ускоряется, а качество документов растет.

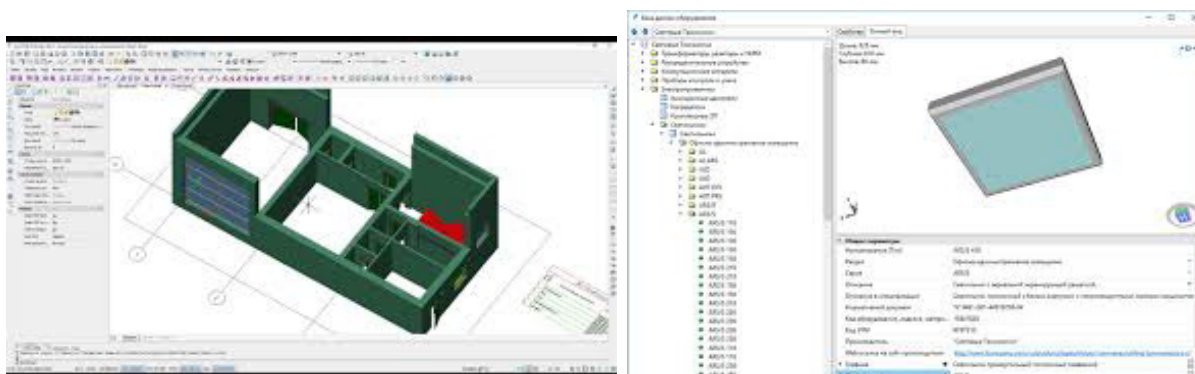


Элементы в базе данных оборудования содержат всю необходимую информацию, начиная с наименования и заканчивая 3D-моделью. Базы данных оборудования nanoCAD Электро полностью открыты для редактирования и пополнения. С программой бесплатно поставляются базы данных всех производителей электротехнического оборудования, имеющих партнерские отношения с «Нанософт». С перечнем баз данных оборудования вы можете ознакомиться в разделе Базы данных.

В программу заложен обширный перечень проверок модели на правильность выполнения. Если какой-либо элемент модели отклоняется от нормативов, программа сигнализирует об этом пользователю.

В nanoCAD Электро можно формировать кабельные трассы любой сложности: одноярусные и многоярусные, односторонние и двух-

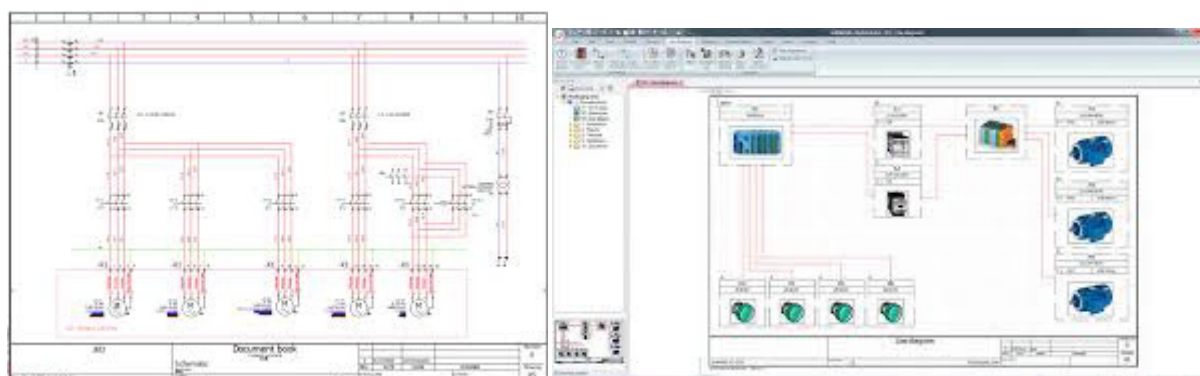
сторонние. Программа автоматически подбирает соединительные элементы вплоть до гаек и болтов, если база данных оборудования достаточно подробная. Программа автоматически рассчитывает длины кабелей с учетом всей специфики: запаса кабеля на укладку, запаса кабеля на разделку, округления длины кабеля до заданного значения и так далее. Кроме того, для силовых кабелей программа автоматически определяет необходимое количество жил.



В nanoCAD Электро реализованы обе методики расчета освещенности: Метод коэффициента использования и Точечный метод. После проведения расчета методом коэффициента использования программа автоматически расставляет светильники в помещении.

4.2.3 SOLIDWORKS Electrical Schematics

Пакеты *SOLIDWORKS Electrical Schematics* предлагают удобные автономные инструменты для проектирования электрических схем, обеспечивающие эффективное определение электрических соединений в сложных системах [32].

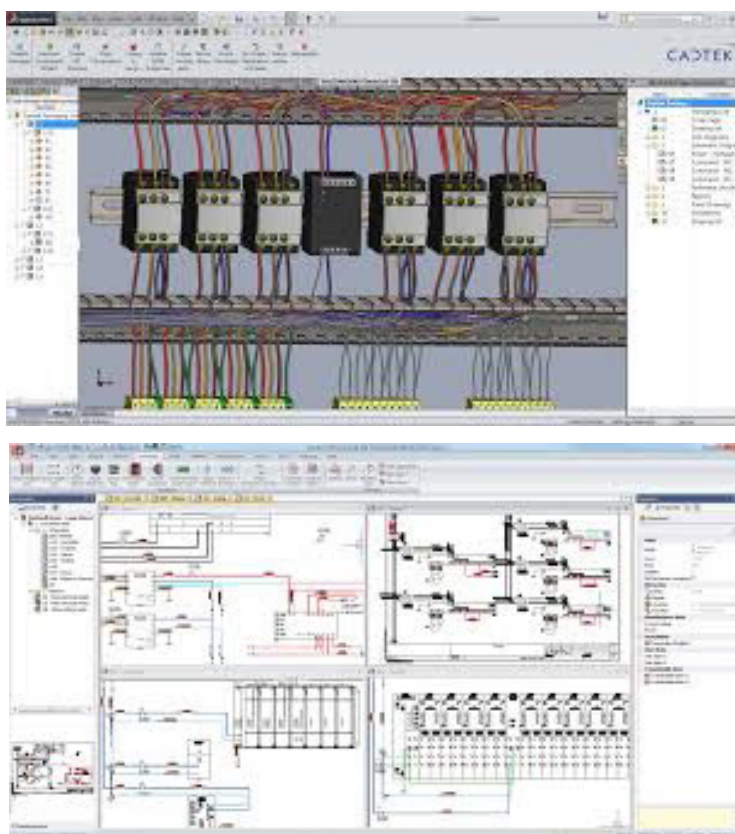


Однопользовательский инструмент для проектирования схем, позволяющий быстро разрабатывать электрические схемы для приборов машин и другого оборудования. В библиотеках символов и деталей по-

ставщиков компонентов содержатся данные материалов, которые можно неоднократно использовать в дизайн-проектах.

4.2.4 SOLIDWORKS Electrical 3D

SOLIDWORKS Electrical 3D – это простой в использовании инструмент планирования для быстрого совместного проектирования схематично определенных встроенных электрических систем, который может быть реализован в модели SOLIDWORKS 3D CAD с интуитивно понятным графическим интерфейсом пользователя и интеллектуальными возможностями традиционных многопоточных инструментов [32]. SOLIDWORKS Electrical 3D создает новую технологическую парадигму, включающую в себя специализированные инструменты проектирования для разработки встроенных электрических подсистем на основе схемы.

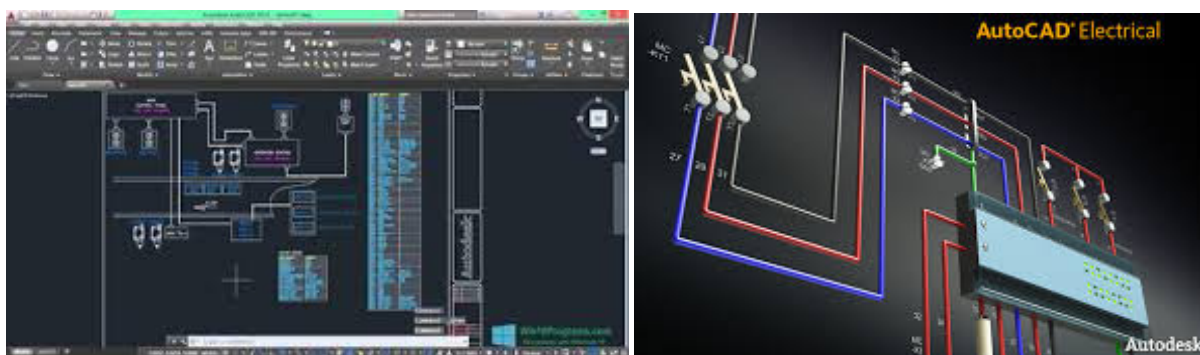


SOLIDWORKS Electrical 3D создает виртуальную среду разработки электрической системы «на месте», которая обеспечивает автоматическую маршрутизацию схематически определенного электропроводки в модели SOLIDWORKS 3D CAD, что упрощает разработку электропроводки и устраняет ошибки. После создания виртуального жгута SOLIDWORKS Electrical 3D может создавать подробные сбо-

рочные чертежи с использованием встроенных инструментов для рисования. Эти инструменты создания чертежей включают в себя возможности для создания воздушных сборок, чертежной доски или чертежей списка вырезов, а также соответствующую документацию по спецификации.

4.2.5 AutoCAD Electrician

AutoCAD Electrician – одна из бесплатных версий популярного редактора Автокад является AutoCAD Electrician [10]. Функционал программы подойдет как для начинающих, так и для профессиональных электриков, работающих в области энергетики. В интерфейсе все просто, разобраться можно быстро. Все функции на русском языке, поэтому можно без проблем использовать Автокад для черчения электрических схем разводки электропроводки.



Возможности AutoCAD Electrical.

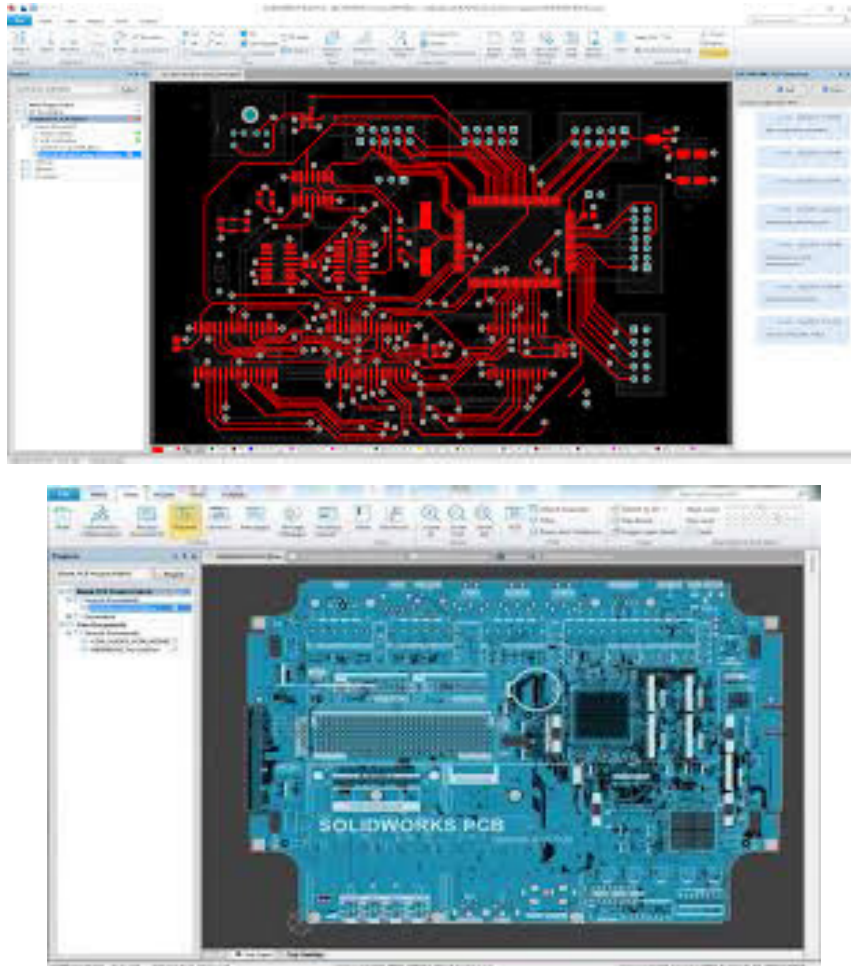
Документация к электрическим схемам. Автоматическое формирование отчетов. Формирование и обновление настраиваемых отчетов. Совместная работа с клиентом и поставщиком. Удобное совместное использование чертежей в формате DWG™ с другими заинтересованными лицами.

Публикация схем в формате многостраничного файла PDF. Сокращение количества ошибок благодаря автоматической нумерации проводов и заданию позиционных обозначений компонентов.

Использование конструктора цепей для оптимизации разработки электрических систем. Выбор из обширной библиотеки электротехнических графических образов. Проверка в режиме реального времени. Проектирование электрических систем управления. Отслеживание контактов родительских и дочерних компонентов в режиме реального времени. Улучшенный просмотр и непосредственная вставка компонента.

4.2.6 SOLIDWORKS PCB

Решение *SOLIDWORKS PCB* на платформе Altium® объединяет технологию проектирования печатных плат и интегрированное решение для взаимодействия разработчиков электронных и механических узлов [32].

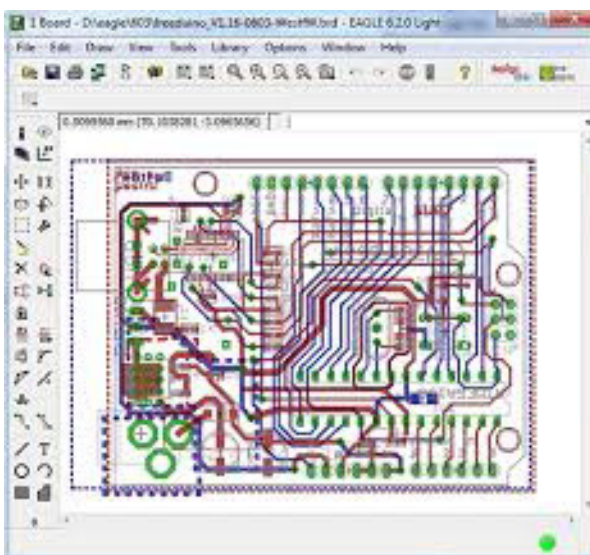
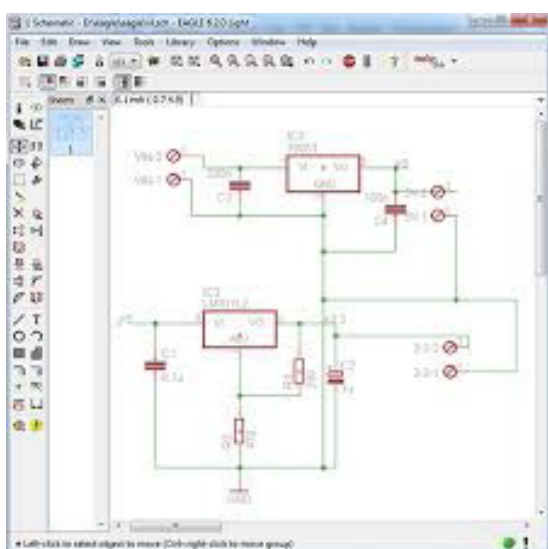


Интуитивно понятный и простой в использовании интерфейс, навеянный SOLIDWORKS, с согласованным редактором и моделью использования между схемой захвата и макетом платы.

Управление версиями и сравнение историй изменений, внесенные в файлы дизайна.

4.2.7 Eagle

Eagle (Easily Applicable Graphical Layout Editor). Этот программный пакет позволит не только рисовать однолинейные схемы электропитания, но и самостоятельно разработать чертеж печатной платы [10]. Что касается последнего, то черчение можно осуществлять как вручную, так и в автоматическом режиме.

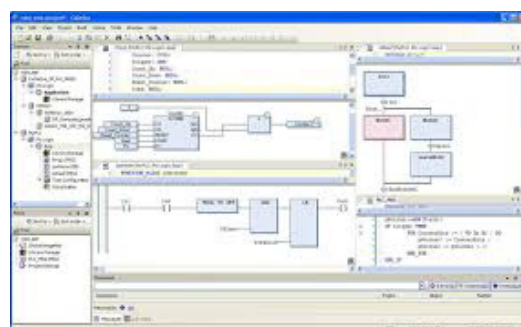
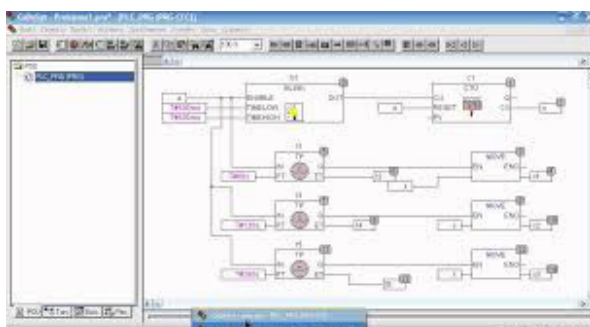


На сегодняшний день существует как платная, так и бесплатная версия программы Eagle. Для домашнего использования достаточно будет скачать версию с обозначением «Freeware» (присутствуют некоторые ограничения по отношению к максимальному размеру полезной площади печатной платы).

4.3 Системы автоматизации

4.3.1 CODESYS

CODESYS – инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации [12]. Производится и распространяется компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH. Версия 1.0 была выпущена в 1994 г. С ноября 2012 изменено написание на CODESYS.



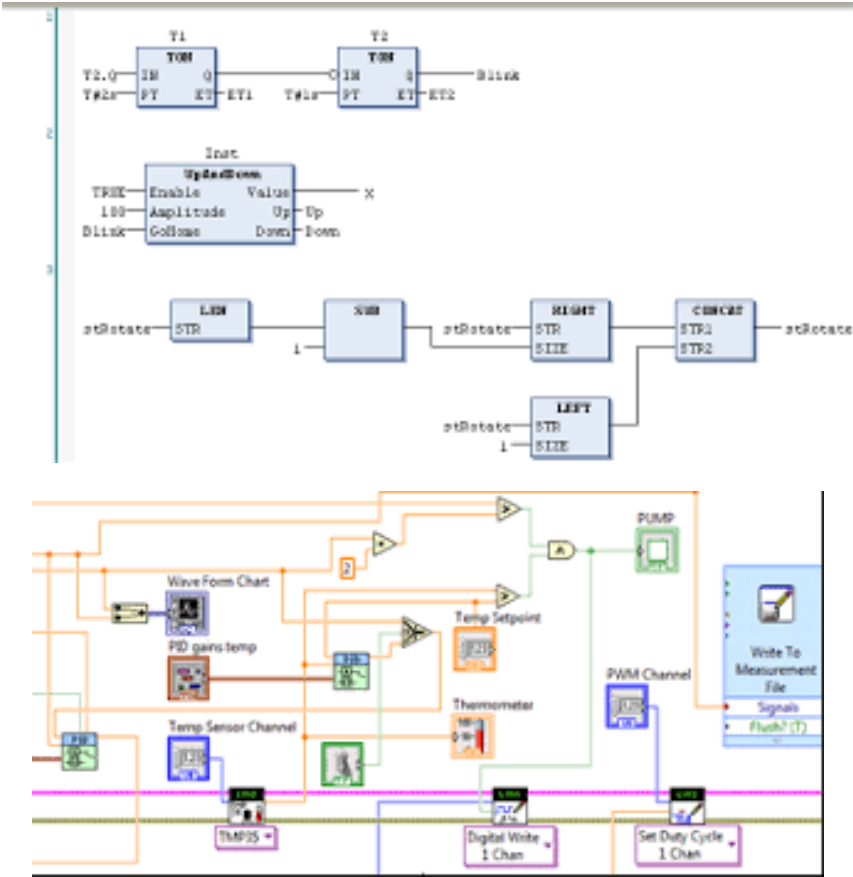
CODESYS включает в себя редакторы и трансляторы для всех пяти стандартных языков с рядом существенных расширений. Он также поддерживает значительное число специализированных отладочных и сервисных функций. На сегодня CODESYS – мировой лидер среди МЭК-комплексов. После долгих лет горячих споров 18.01.2013 г.

была одобрена третья редакция стандарта МЭК 61131-3. В нее вошли оригинальные объектно-ориентированные расширения языков МЭК, впервые реализованные в комплексе CODESYS V3. Таким образом, CODESYS создал новый международный стандарт.

4.3.2 FBD – Function Block Diagram

Одним из популярных языков программирования ПЛК является графический язык функциональных блоковых диаграмм *FBD – Function Block Diagram*. Этот язык использует в своей архитектуре подобие электронной схеме [18].

Написанная на данном языке программа для контроллера состоит из некоего списка цепей, которые одна за другой выполняются сверху вниз. Кроме того, здесь имеется возможность присвоения отдельным цепям меток, в этом случае станет доступно использование инструкций перехода на метку, дабы изменять последовательность исполнения цепей и создавать условия и циклы.



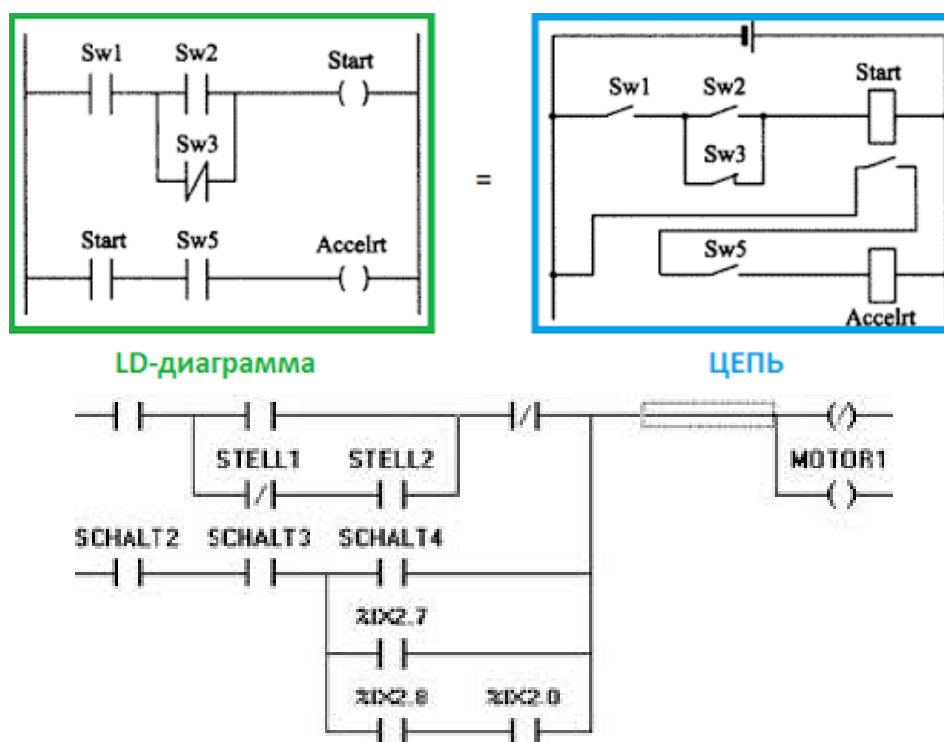
Таким образом, программа, написанная на графическом языке FBD, представляет собой набор связанных друг с другом функциональных блоков, выходы и входы которых соединены линиями связи. Линии

связи отражают определенные программные переменные, через которые происходит обмен данными от блока – к блоку.

Отдельный блок несет на себе конкретную функцию (логическое «и», «не», счетчик и т. д.), при этом один блок может иметь несколько выходов и входов. Изначально значения переменных задаются константами или со специальных входов, а выходы их связываются дальше с другими переменными программы или с выходами ПЛК.

4.3.3 Язык релейных диаграмм LD

Язык релейных или лестничных диаграмм LD (от англ. Ladder Diagram) представляет собой простой в обращении, графический язык разработки [6]. В его основе лежат релейно-контактные схемы, поэтому элементами логики здесь выступают обмотки реле, контакты реле, горизонтальные и вертикальные перемычки.



Пары контактов реле или кнопки – вот основные логические переменные языка LD, при этом состояние переменных – это есть ни что иное, как состояние контактов: разомкнутое или замкнутое.

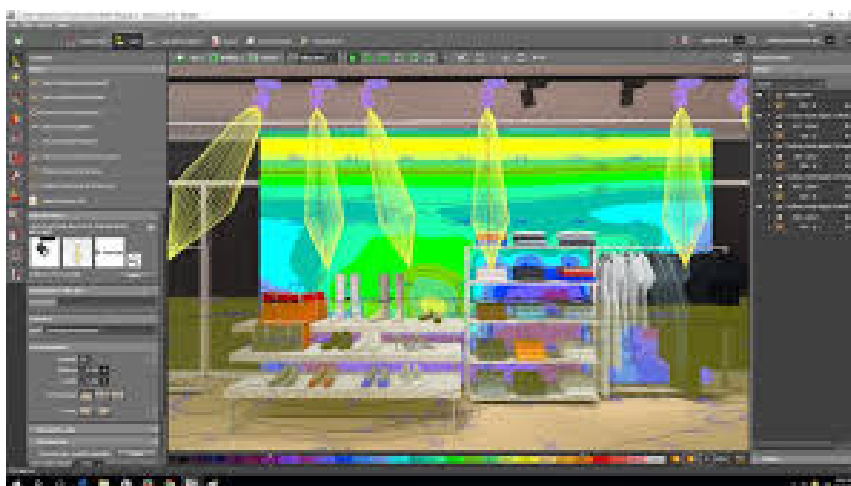
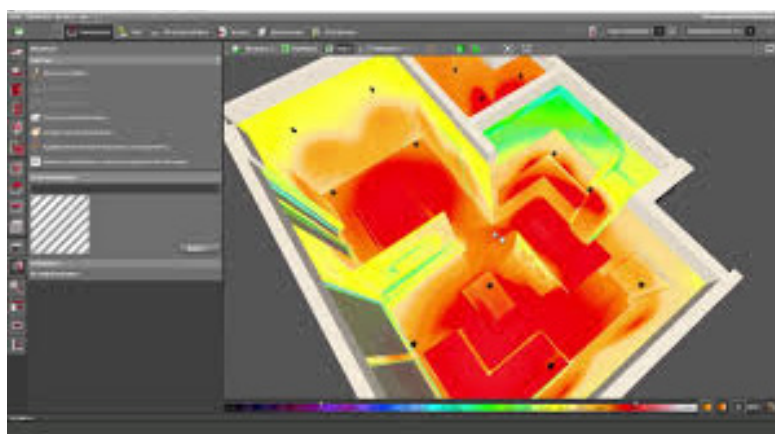
Сама же программа на данном графическом языке представляет-ся аналогом релейной схемы, в которую может входить множество различных функциональных блоков. В общем и целом, синтаксис языка LD позволяет очень просто строить логические схемы для релейной техники.

Главное достоинство языка – безусловная простота. Программа представляется как электрический поток, любой специалист по электротехнике это поймет. Правила просты, здесь используются лишь булевы выражения, код рационален и легко может быть оптимизирован вручную.

4.4 Светотехника

4.4.1 Dialux

Программа *Dialux* от известной немецкой компании DIAL GmbH на сегодняшний день является одной из лучших из бесплатных программ по расчёту наружного и внутреннего освещения при заданном типе, количестве и расположении различного рода светильников [15].



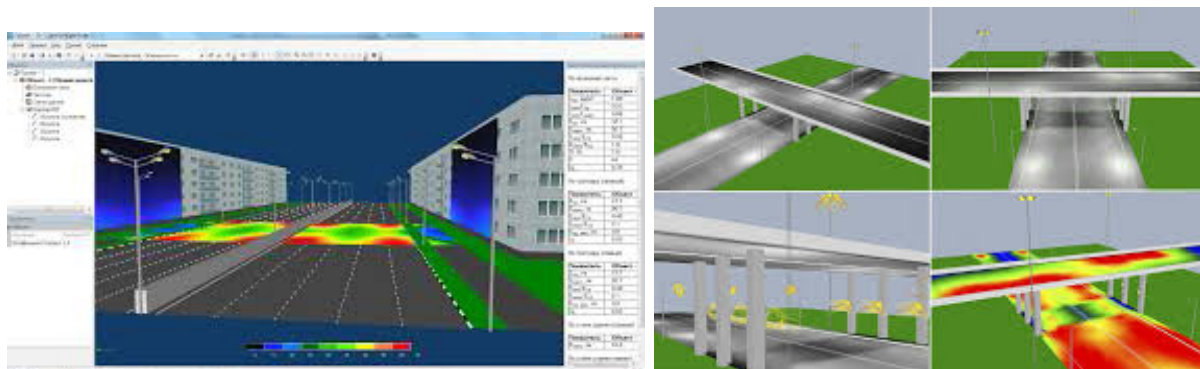
Есть возможность трехмерной визуализации, причем все выглядит довольно качественно. Очень простой интерфейс. Dialux позволяет учитывать при расчете освещения цвет и текстуру поверхности, а также интерьер и геометрические параметры помещения. В качестве результата обработки данных пользователь получит полноценный об-

щий 3D-вид освещенного помещения и графическое изображение распределения света по заданной поверхности. Плюс ко всему, к программе прилагается ассистент Dialux Light, который поможет спланировать освещение без необходимости осваивать весь пакет Dialux.

Большинство производителей светотехнической продукции во всем мире имеют свои базы данных светильников для работы с программой.

4.4.2 Light-in-Night Road

Программа *Light-in-Night Road* предназначена для расчета систем уличного освещения и позволяет выполнить следующие задачи [22]: выбрать тип, мощность и светораспределение необходимого светильника (с возможностью просмотра и одновременного сравнения кривых силы света (КСС) нескольких светильников); оценить эффективность выбранной схемы освещения прямых дорог (односторонняя, двусторонняя, шахматная, центральная и др.); подобрать наиболее рациональное расположение светильников.

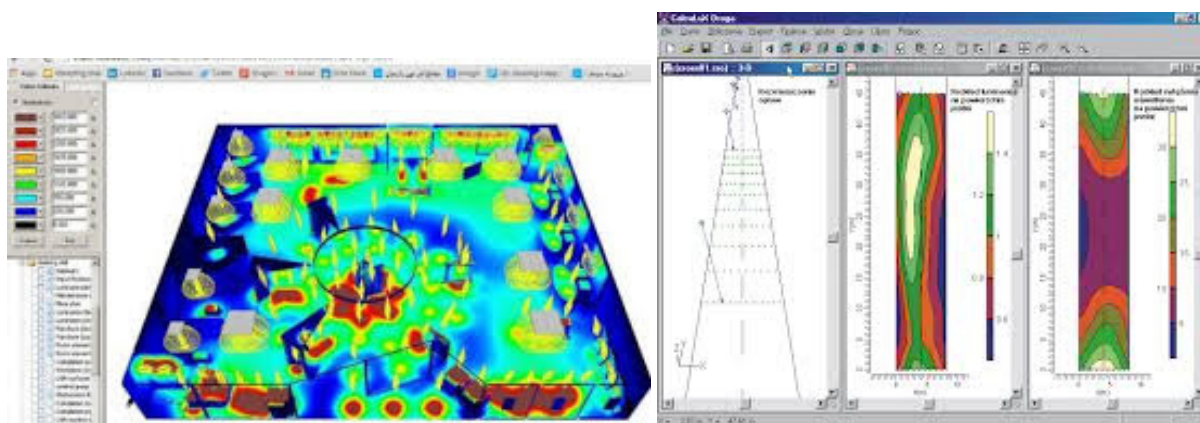


Программа также позволяет выполнять моделирование освещения трехмерных объектов (многоуровневых транспортных развязок, мостов, эстакад и т.п.). Моделирование самих объектов может быть выполнено либо в самой программе, либо в программах САПР (например, AutoCAD) с последующей загрузкой dxf-файлов в программу.

4.4.3 Calculux

Программа *Calculux* – это мощное средство анализа, моделирования и оптимизации световых решений, предоставляющая следующие возможности: выполняет расчеты освещенности в произвольных плоскостях на прямоугольных и непрямоугольных площадках; формирует расчетные сетки в любом месте, при этом сетки могут иметь произвольное положение; учитывает препятствия, попадающие на пути световых

пучков, задавая коэффициент пропускания (прозрачности); оценивает широкий спектр количественных и качественных характеристик освещения: горизонтальную освещенность, вертикальную освещенность по четырем основным направлениям, освещенность в направлении наблюдателя, градиент освещенности, полуцилиндрическую освещенность, полусферическую освещенность, яркость вуалирующей пелены, индекс блескости для спортивного освещения, яркость дорожного покрытия, выбирать светильники из обширной номенклатуры светильников Philips; задает положение и ориентацию светильников либо индивидуально (отдельно для каждого светильника), либо для упорядоченного множества светильников в виде двумерного блока, линии, дуги, точки или свободного множества; предоставляет возможность вводить симметрию при размещении всех или отдельных светильников [11].



В программу встроен набор специальных полей (в основном это игровые поля, используемые в различных видах спорта). Данная опция очень удобна, потому что кроме габаритных размеров поля содержат специальную разметку, присущую конкретному виду спорта, а также сопровождаются соответствующей расчетной сеткой.

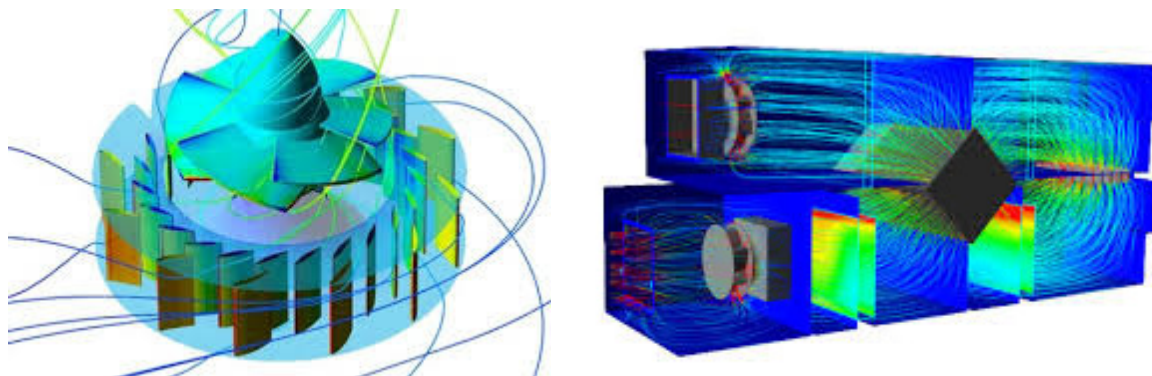
Есть возможность выполнять расчеты для различных режимов включения осветительной установки и для разных коэффициентов регулирования освещения.

4.5 Механика жидкости и газа

4.5.1 Flowvision

Программный комплекс *FlowVision* – современный российский инструмент, комплексное многоцелевое решение для моделирования трехмерных течений жидкости и газа, созданный командой разработчиков компании ТЕСИС в тесном сотрудничестве с научно-

исследовательскими организациями и промышленными предприятиями в России и за рубежом [19].



FlowVision основан на численном решении трехмерных стационарных и нестационарных уравнений динамики жидкости и газа, которые включают в себя законы сохранения массы, импульса (уравнения Навье-Стокса), уравнения состояния. Для расчета сложных движений жидкости и газа, сопровождаемых дополнительными физическими явлениями, такими, как, турбулентность, горение, контактные границы раздела, пористость среды, теплоперенос и так далее, в математическую модель включаются дополнительные уравнения, описывающие эти явления.

FlowVision использует конечно-объемный подход для аппроксимации уравнений математической модели. Уравнения Навье-Стокса решаются методом расщепления по физическим процессам (проекционный метод MAC). Опираясь на уравнения, описывающие движение жидкости и газа (с учетом теплопереноса, турбулентности, химических реакций и т.п.), FlowVision предлагает пользователям более широкие возможности, чем это принято в традиционных комплексах вычислительной гидродинамики (CFD).

Сфера применения FlowVision на отечественных предприятиях и в учебных заведениях в настоящее время весьма широка и диктуется насущными потребностями пользователей в решении тех или иных задач аэро- и гидродинамики. Спектр выполняемых задач по проектированию распространяется от бытовой сантехники до объектов атомного машиностроения.

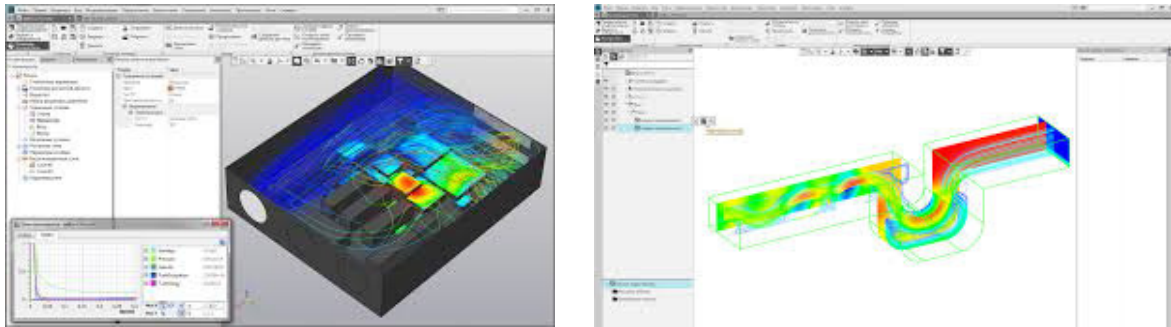
Области применения: авиакосмическая промышленность, автомобильная промышленность, энергетика и металлургия, турбомашиностроение и двигателестроение, судостроение, нефтегазовая и химическая промышленность, атомная промышленность, строительство, комплексные задачи мультифизики, медицина, экология, другие отрасли.

4.5.2 KompasFlow

KompasFlow поможет определить действующие на изделие силы и моменты, структуру течения внутри или вокруг изделия, оценить перепад давления, полного давления или температуры; оценить варианты исполнения конструкции и отбросить неподходящие [20].

В основе *KompasFlow* лежит решатель *FlowVision*, проверенный временем и предприятиями в России и за рубежом.

Простые инструменты выполнения расчетов для конструкторов, не требуется углубленных знаний в вычислительной гидродинамике и математике. Простой переход от экспресс-расчета к решению тяжелых задач (передача расчетного проекта из *KompasFlow* во *FlowVision*). Автоматическое построение сетки и быстрое изменение 3D-модели в КОМПАС-3D без необходимости заново настраивать расчетный проект.



Области применения.

Кондиционирование и вентиляция помещений. Определение аэродинамического сопротивления в вентиляционных каналах. Моделирование и визуализация циркуляции воздуха в помещении сложной формы. Анализ работы климатического оборудования в помещении. Определение сопротивления воздухозаборников, решеток, направляющих/спрямляющих аппаратов.

Арматура, трубопроводы, сантехника.

Определение гидравлического сопротивления трубопровода или его участков. Определение гидравлического сопротивления клапанов, решеток. Моделирование течения в каналах и гидрорукава сложной формы.

Электротехника.

Охлаждение/нагрев блоков и отсеков радиоэлектронного оборудования. Моделирование естественного и вынужденного режима конвекции воздуха. Оптимизация конструкции корпуса блока. Оптимизация элементов на плате, блоков в отсеке.

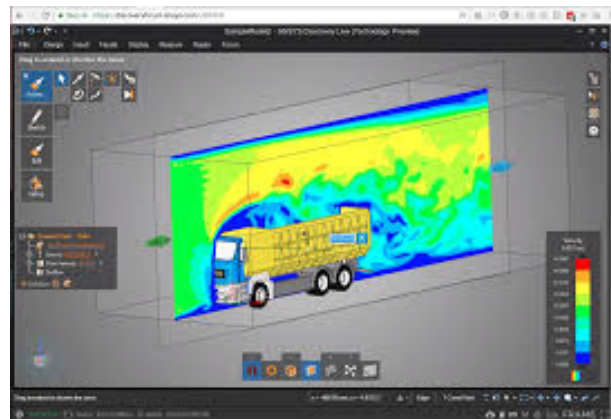
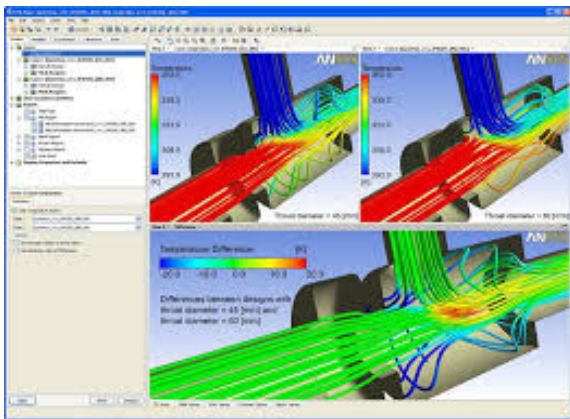
Аэро-гидродинамика.

Определение сил и моментов, действующих на изделие. Локальная аэро- и гидродинамика.

4.5.3 ANSYS Вычислительная гидродинамика

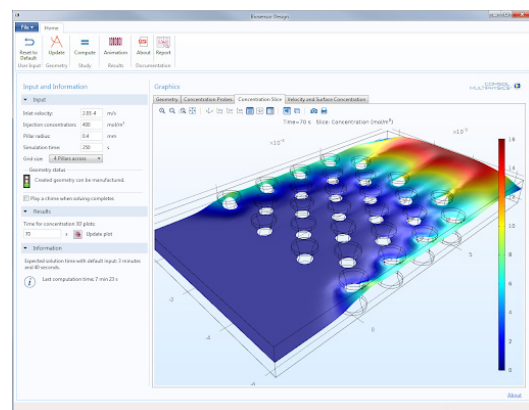
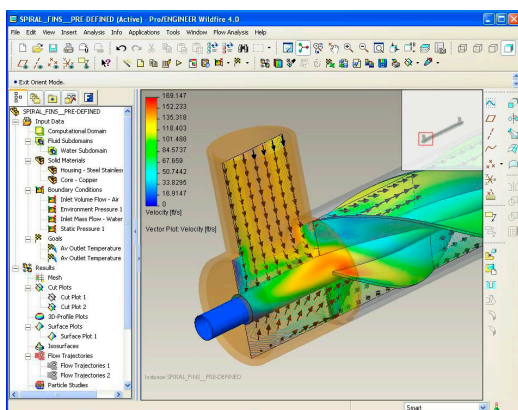
ANSYS – пакет прикладных программ, предназначенный для инженерных расчетов и моделирования физических явлений, в том числе электромагнитных, физических и волновых взаимодействий. Включает в себя графическую среду моделирования [9].

Вычислительная гидродинамика. Вычислительная гидродинамика (CFD) – позволяет проводить гидродинамическое и аэродинамическое моделирования широкого круга задач.



4.5.4 COMSOL. Модуль потока жидкости и теплопередачи

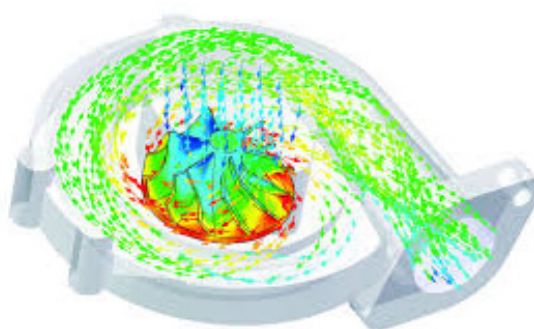
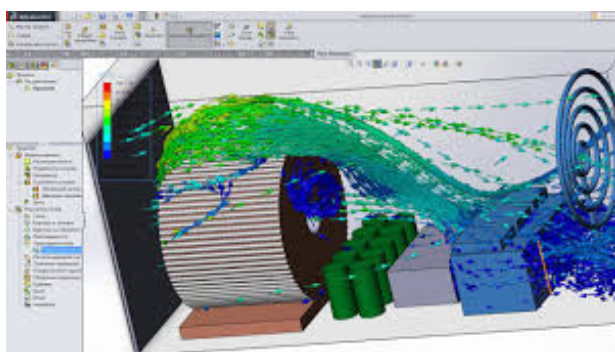
COMSOL Multiphysics – пакет прикладных программ, предназначенный для инженерных расчетов и моделирования одновременно протекающих физических процессов. Программа имеет доступ к возможностям MATLAB и его расширениям. Пакет COMSOL содержит модули для расчетов потока жидкости и теплопередачи (CFD, смеситель, подповерхностный поток, поток в трубе, молекулярный поток, теплопередача), а также графическую среду моделирования [13].



COMSOL Multiphysics – это универсальное программное обеспечение для моделирования конструкций, устройств и процессов во всех областях проектирования, производства и научных исследований. В дополнение к использованию многофизического моделирования можно превратить модели в цифровых двойников для использования другими проектными группами, производственными отделами, испытательными лабораториями, клиентами и многим другим.

4.5.5 SOLIDWORKS Flow Simulation

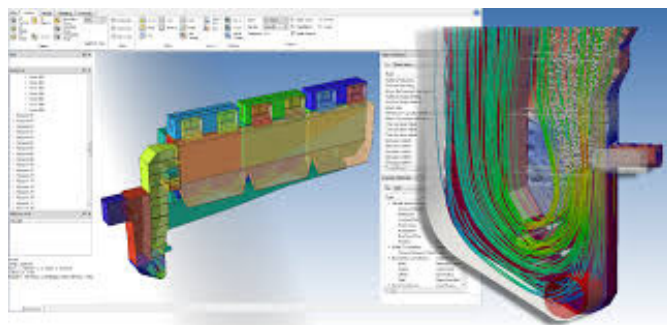
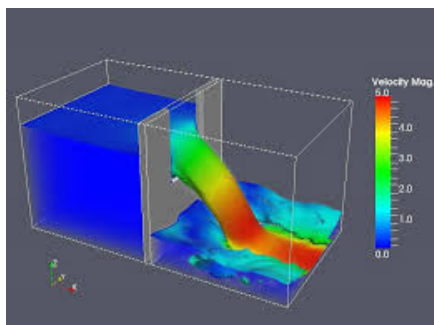
SOLIDWORKS Flow Simulation – моделирование потока жидкости, теплообмена и гидродинамических сил критически важны для получения успешных результатов проектирования [32].



Области применения: авиакосмическая промышленность, автомобильная промышленность, энергетика и металлургия, турбомашиностроение и двигателестроение, судостроение, нефтегазовая и химическая промышленность, атомная промышленность, строительство, комплексные задачи мультифизики, медицина, экология, другие отрасли.

4.5.6 OpenFOAM

OpenFOAM – пакет инструментальных средств и библиотек, предназначенный для моделирования физических явлений и решения задач вычислительной гидродинамики [28].

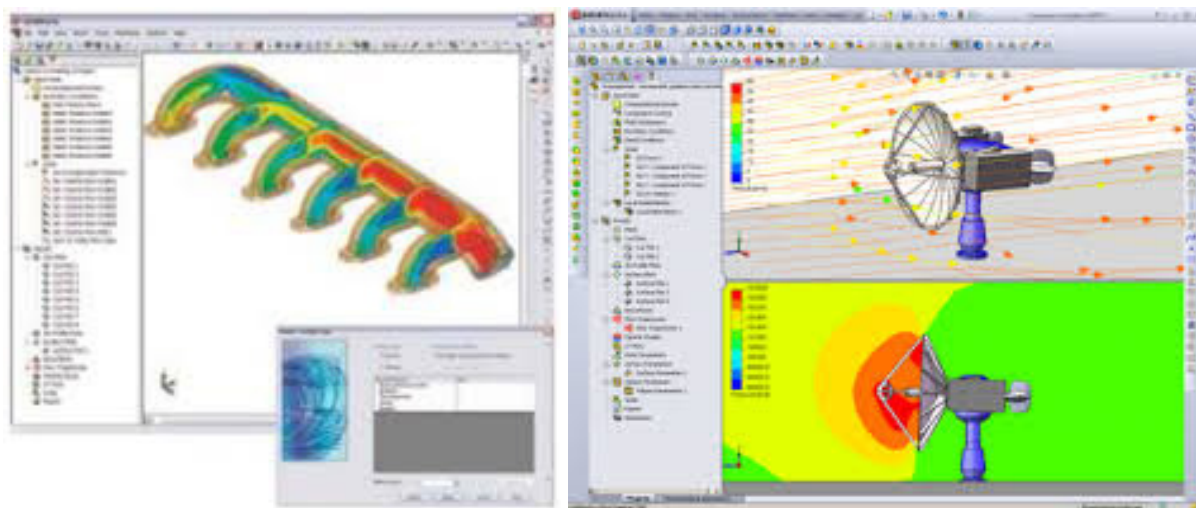


OpenFOAM – это бесплатное CFD-программное обеспечение с открытым исходным кодом, разработанное преимущественно компанией OpenCFD Ltd с 2004 г. Оно имеет обширную базу пользователей в большинстве областей техники и науки, как коммерческих, так и академических организаций. OpenFOAM обладает широким спектром возможностей для решения любых задач: от сложных потоков жидкости, включая химические реакции, турбулентность и теплообмен, до акустики, механики твердого тела и электромагнетизма.

С Visual-CFD легко подготовить геометрию САПР, настроить, решить и обработать кейс OpenFOAM в настраиваемой унифицированной среде с использованием терминологии CFD. Это делает Visual-CFD ценный инструмент как для начинающих, так и для опытных пользователей. Он доступен на платформах Linux и Windows.

4.5.7 COSMOS. COSMOSFloWorks

COSMOSFloWorks предназначен для решения сложных инженерных задач, связанных с тепломассопереносом [8]. С помощью этого модуля возможно решение следующих задач: внутреннее течение и внешнее обтекание; теплопроводность и теплопередача; учет сжимаемости; ламинарные и турбулентные потоки; неньютоновские жидкости; пористые среды; учет шероховатости стенки и др.



Так же, как и в вышеперечисленных модулях, работу с системой можно вести, используя дерево элементов расчета или применяя мастер, который позволяет избежать ошибок.

При решении тепловых задач существует возможность определить объемные и поверхностные источники тепла. В модуле *COSMOSFloWorks* также можно управлять компонентами сборки, ука-

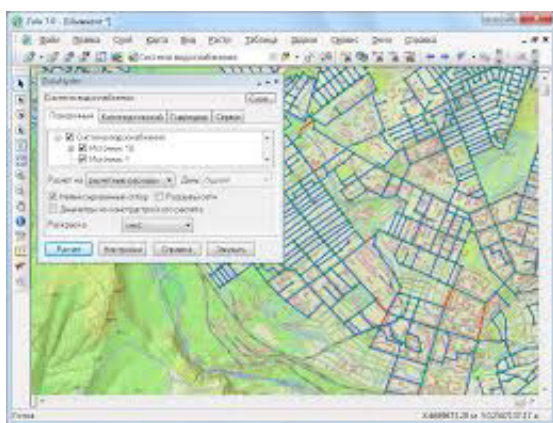
зывая, будут ли они использованы в расчете или нет. С помощью таких объектов удобно определять специальные начальные условия.

4.6 Системы отопления, вентиляции, водоснабжения и водоотведения

4.6.1 Zulu

ZuluGIS – система для создания карт, моделирования инженерных сетей и разработки ГИС-приложений [3].

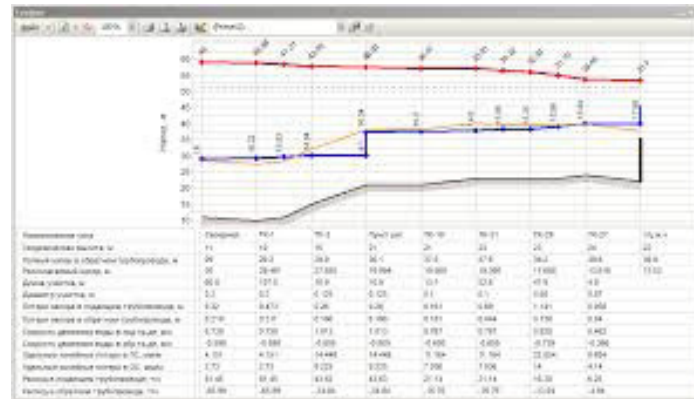
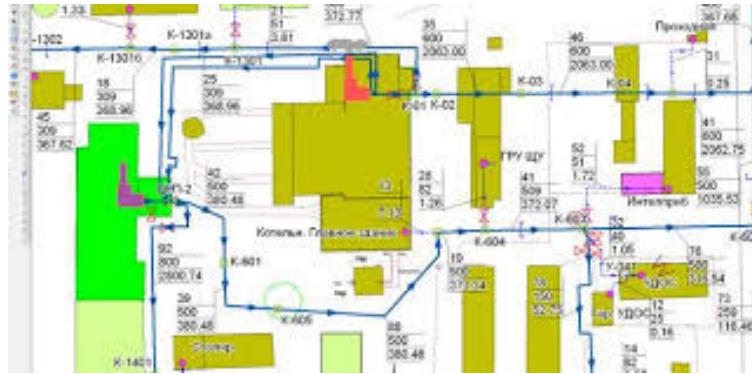
С помощью *ZuluGIS* можно создавать всевозможные карты в географических проекциях или план-схемы, включая карты и схемы инженерных сетей, работать с большим количеством растров, проводить совместный семантический и пространственный анализ графических и табличных данных, создавать различные тематические карты, осуществлять экспорт и импорт данных.



Отличительной особенностью географической информационной системы *ZuluGIS* является то, что схемы инженерных сетей создаются с поддержкой их топологии, что позволяет использовать встроенные модули для выполнения гидравлических расчетов и построения пьезометрических графиков.

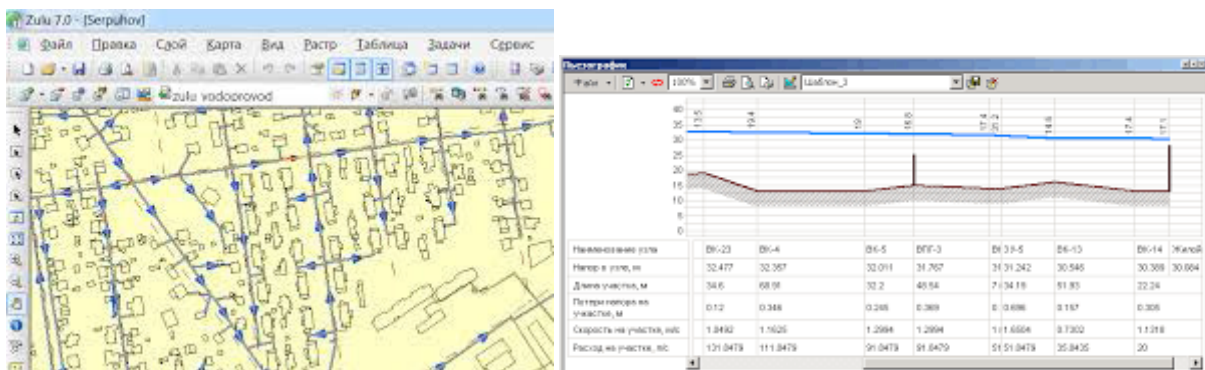
ZuluThermo – моделирование гидравлических режимов в тепловых сетях. *ZuluThermo* – набор программ для расчетов тепловых сетей. Это мощный инструмент для проектировщика, наладчика, инженера, занимающегося эксплуатацией системы централизованного теплоснабжения.

ZuluThermo позволяет моделировать режимы работы тепловой сети, анализировать аварийные ситуации, оценивать эффективность мероприятий по модернизации и перспективному развитию систем централизованного теплоснабжения.



Расчету подлежат тупиковые и кольцевые тепловые сети, в том числе с повысительными насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающие от одного или нескольких источников. Программа предусматривает теплогидравлический расчет с присоединением к сети тепловых (ИТП) и центральных тепловых пунктов (ЦТП) по нескольким десяткам схемных решений. Возможен гидравлический расчет сети с использованием обобщенных потребителей без информации о тепловых нагрузках и конкретных схемах присоединения потребителей к тепловой сети.

ZuluHydro – моделирование гидравлических режимов в водопроводных сетях. *ZuluHydro* – набор программ для расчетов водопроводных сетей, предназначенных для решения различных отраслевых задач.

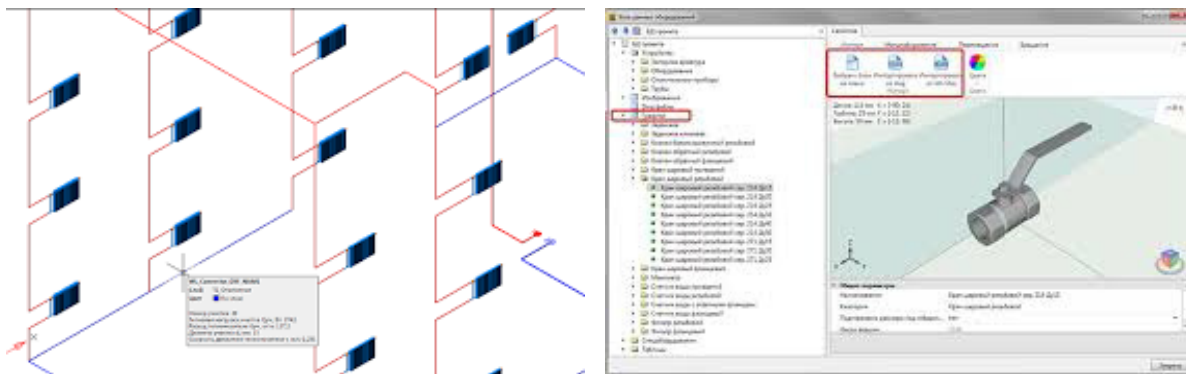


Позволяют создать расчетную математическую модель сети, выполнить паспортизацию сети, на основе созданной модели решать информационные задачи, задачи топологического анализа и выполнять различные гидравлические расчеты. ZuluHydro позволяет рассчитывать водопроводную сеть большого объема и любой сложности. Расчету подлежат тупиковые и кольцевые сети водоснабжения, в том числе с повысительными насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающие от одного или нескольких источников.

Расчеты ZuluHydro могут работать как в тесной интеграции с геоинформационной системой (в виде модуля расширения ГИС), так и в виде отдельной библиотеки компонентов, которые позволяют выполнять расчеты из приложений пользователей.

4.6.2 nanoCAD Отопление

Интеллектуальные объекты *nanoCAD Отопление*. Все объекты nanoCAD Отопление (трубопроводы, отопительные приборы, трубопроводная арматура и т.д.) являются интеллектуальными, а их свойства легко редактируются в процессе проектирования [26]. Например, для трубопроводов можно выбрать сортамент и типоразмер, для отопительных приборов – типоразмер или количество секций и характеристики обвязки с учетом арматуры, а для трубопроводной арматуры – сортамент и типоразмер.



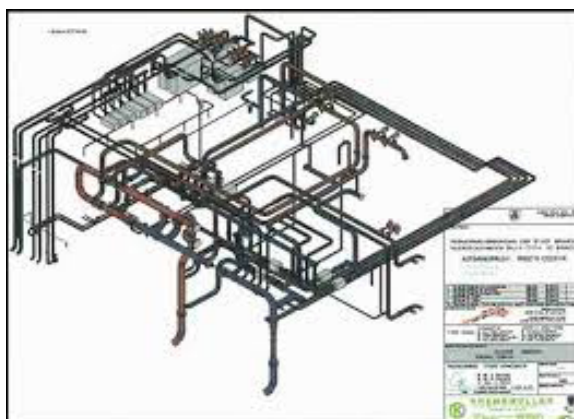
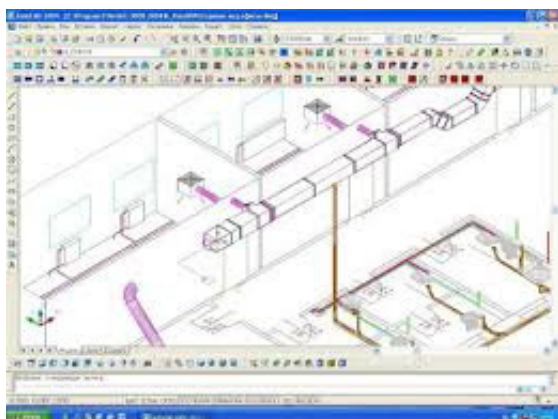
Гидравлический и тепловой расчет. Формирование трехмерной твердотельной модели системы отопления. При проведении расчета программа создает полную трехмерную модель системы отопления, а также вычисляет тепловую нагрузку, расход теплоносителя, скорость движения, потери давления в трубах и на местных сопротивлениях, чтобы подобрать оптимальный диаметр труб и число секций радиаторов. На странице свойств Вход в систему отопления можно увидеть список колец, каждое из которых легко визуализируется в расчет-

ной модели вместе с разностью увязки второстепенных колец с главным кольцом. Это позволяет подобрать оптимальное место для установки балансировочной арматуры.

Оформление. Программа изначально настроена на работу с отечественными стандартами: все табличные формы отвечают ГОСТ 21.602-2011 и ГОСТ 21.110-2013, а основная надпись на чертежах соответствует ГОСТ Р 21.1101-2013.

4.6.3 Allklima

Allklima for AutoCAD – программный продукт для интегрированного проектирования систем отопления, вентиляции, водоснабжения, водоотведения и электрики [16]. Простота обслуживания, наличие интеллектуальных графических элементов, автоматическое определение размеров систем, прозрачные для пользователя, встроенные расчеты (в том числе по СНиП) и возможность получения спецификаций обеспечивают максимальную экономию времени.

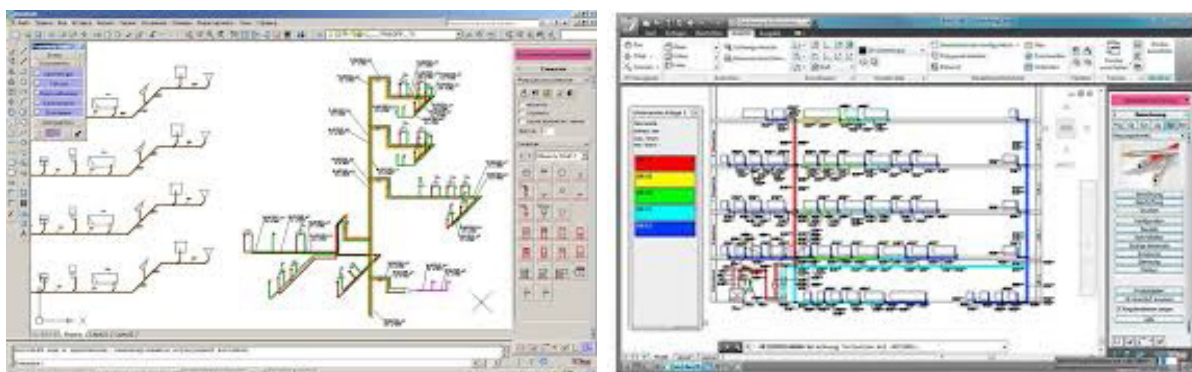


Основными отличительными особенностями, помогающими работающему в *Allklima for AutoCAD* проектировщику, являются: работа в привычном многим интерфейсе AutoCAD. Программа *Allklima for AutoCAD* успешно работает на базе AutoCAD 2002, 2004, 2005/2006, 2007, а также на AutoCAD LT указанных версий; полная русификация программы (в том числе всей документации, обучающего курса, справки и видеоматериалов) и локализация; наличие встроенных расчетов согласно требованиям СНиП; возможность автоматического либо ручного проектирования систем; наличие спецификаций раскрытия коробов с возможностью последующей передачи данных на станки с ЧПУ; простота и логичность программы, легкое пополнение каталогов материалов и оборудования; удобное автоматическое либо ручное конструирование систем вентиляции, отопления, водоснабжения, канализации

и электрики; автоматическая генерация ассоциативных видов, планов на отметке и необходимых разрезов; автоматический контроль коллизий между элементами систем; автоматическое создание аксонометрических схем.

4.6.4 RAUCAD

RAUCAD – это профессиональная САПР-программа, базирующаяся на AutoCAD, для проектирования и расчётов внутренних инженерных систем [30]. Новый, интегрированный ассистент программного обеспечения содержит все необходимые функции – от управления проектами, до составления заказных спецификаций и коммерческих предложений. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу можно шаг за шагом вести проектирование как 2D, так и 3D трубопроводных сетей отопления, водоснабжения, водоотведения и водостоков, а также аксонометрических схем, рассчитывать их быстро и просто. Тепловая дезинфекция сетей циркуляции и гидравлическая балансировка в отопительной трубопроводной сети также входит в возможности программы RAUCAD.



Проектирование систем отопления. Отрисовка планов систем отопления в AutoCAD; отрисовка схем систем отопления в AutoCAD, включая специальные возможности вычерчивания аксонометрий; автоматический расчет систем отопления с подбором диаметров труб, с гидравлической регулировкой и выбором балансировочной регулировки согласно СНиП. Подробная заказная спецификация.

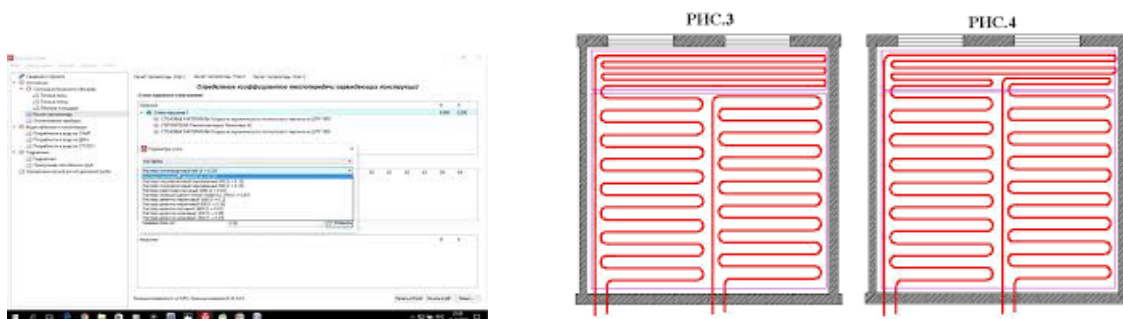
Проектирование систем водоснабжения. Отрисовка планов систем водоснабжения в AutoCAD; отрисовка схем систем водоснабжения в AutoCAD, включая специальные возможности вычерчивания аксонометрий; автоматический расчет систем водоснабжения с подбором диаметров труб согласно СНиП. Подробная заказная спецификация.

Проектирование систем водоотведения. Отрисовка планов систем водоотведения в AutoCAD; отрисовка схем систем водоотведения

в AutoCAD, включая специальные возможности вычерчивания аксонометрий; автоматический расчет систем отопления с подбором диаметров труб согласно СниП. Подробная заказная спецификация.

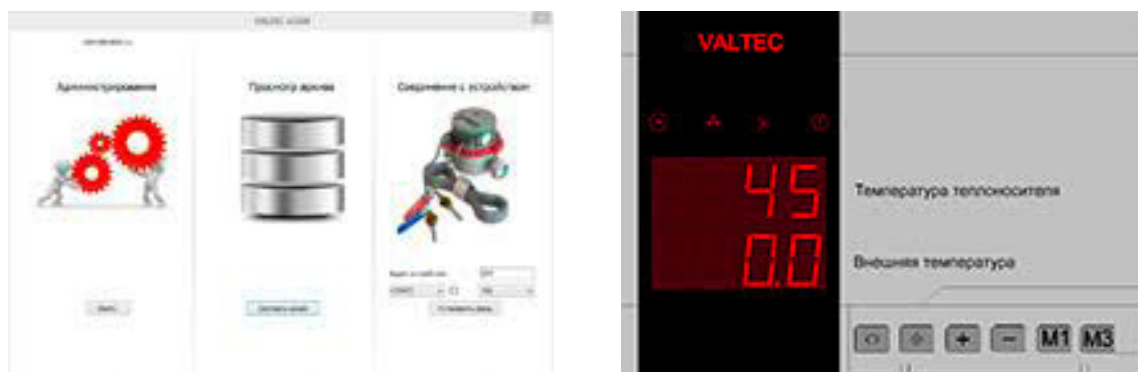
4.6.5 VALTEC

VALTEC.PRG.3.1.3 – программа для теплотехнических и гидравлических расчетов [34]. Программа VALTEC.PRG находится в открытом доступе и дает возможность рассчитать водяное радиаторное, напольное и настенное отопление, определить теплотребность помещений, необходимые расходы холодной, горячей воды, объем канализационных стоков, получить гидравлические расчеты внутренних сетей тепло- и водоснабжения объекта.



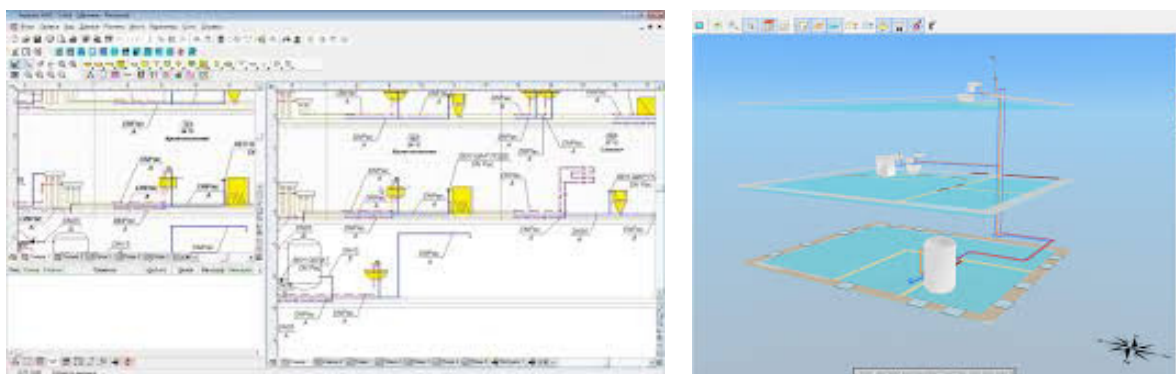
Кроме того, в распоряжении пользователя – удобно скомпонованная подборка справочных материалов. Благодаря понятному интерфейсу освоить программу можно, и не обладая квалификацией инженера-проектировщика. Программа соответствует требованиям российских нормативных документов, регулирующих проектирование и монтаж инженерных систем.

VALTEC C.O. 3.8 – программа для проектирования систем радиаторного и напольного отопления, разработанная польской компанией SANKOM Sp. z.o.o. на базе новейшей версии программы Audytor C.O. – 3.8.



Продукт позволяет конструировать и регулировать системы отопления, производить полный комплекс гидравлических и тепловых расчетов. Программа сертифицирована на соответствие действующим строительным нормативам РФ и требованиям Системы добровольной сертификации НП «АВОК».

VALTEC H₂O 1.6 – программа для проектирования систем холодного и горячего водоснабжения с использованием инженерной сантехники VALTEC, разработанная польской компанией SANKOM Sp. z o.o. на базе расчетно-графической программы Audytor H₂O 1.6.

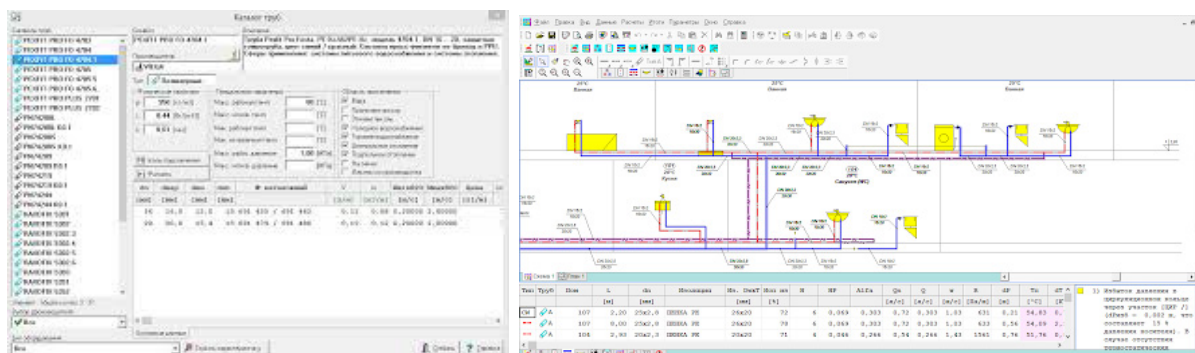


Позволяет выполнить полный расчет и конструирование гидравлически сбалансированной системы водоснабжения. Программа соответствует требованиям Системы добровольной сертификации НП «АВОК» и СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

4.6.6 VIEGA

VIEGA H₂O – графическая программа для проектирования систем холодного и горячего водоснабжения [35].

Программа *VIEGA H₂O* выполняет гидравлический расчет систем холодного и горячего водоснабжения; выполняет расчет системы холодного и горячего водоснабжения на базе развернутой схемы; создает спецификацию оборудования и материалов.



Программа *VIEGA H₂O* содержит: обширные каталоги труб и арматуры; графический ввод данных – создание развернутой плоской схемы и планов системы водоснабжения; систему автоматических подсказок и диагностики правильного внесения данных; множество функций: копирование, размножение, автоматическое создание следующего этажа, создание блоков из элементов системы водоснабжения и т.п.; возможность получения полной проектной документации; результаты в форме таблиц с возможностью сортировки по определенным параметрам.

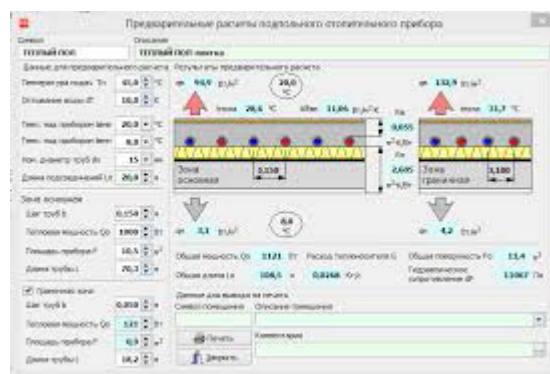
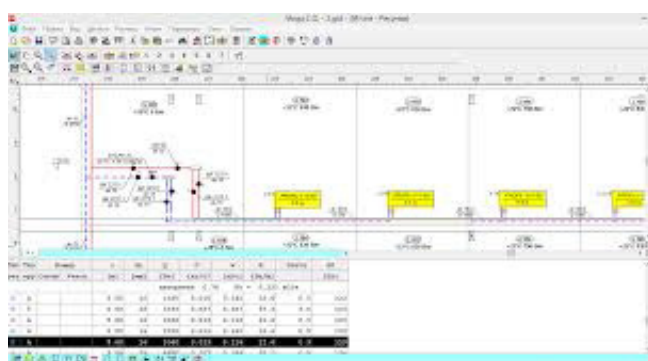
Результаты расчетов представлены в графической форме – развернутой плоской схеме системы водоснабжения с возможностью импорта чертежей AutoCAD (.dwg) и использование их как основы для создания планов системы водоснабжения.

Спецификация оборудования и материалов системы водоснабжения.

В рамках расчета систем холодного и горячего водоснабжения программа *VIEGA H₂O* может: определять номинальные расходы воды в трубопроводах; подбирать диаметры трубопроводов; определять гидравлическое сопротивление отдельных элементов системы, а также требуемое располагаемое давление; рассчитывать требуемый расход воды в сети циркуляции горячего водоснабжения; выполнять регулирование расхода воды в сети циркуляции горячего водоснабжения; подбирать регулирующие вентили и шайбы; подбирать теплоизоляцию трубопроводов.

VIEGA C.O. – программа для проектирования новых систем отопления, регулирования существующих систем (например, в зданиях после тепловой модернизации) и для проектирования системы трубопроводов в системе холодоснабжения.

Программа *VIEGA C.O.* позволяет: выполнять полный гидравлический расчет системы радиаторного и напольного отопления; выполнять полный тепловой расчет системы отопления; выполнять расчет системы отопления на базе развернутой схемы; создавать полную спецификацию подобранного оборудования.



В рамках гидравлического расчета программа VIEGA С.О. позволяет: подбирать диаметры трубопроводов; определять гидравлические сопротивления отдельных участков с учетом гравитационного давления, являющегося следствием остывания теплоносителя в трубопроводах и потребителях тепла; определять общие потери давления в системе; уменьшать избыток давления в участках посредством подбора предварительных настроек клапанов или подбора диаметра отверстия дроссельной шайбы, учитывая необходимость обеспечения надлежащего гидравлического сопротивления участка; подбирать настройки регуляторов перепада давления, установленных проектировщиком в выбранных им местах (основание стояка, ветвь системы и так далее); автоматически учитывать требования относительно авторитетов термостатических клапанов (соответствующий перепад давления на клапанах); подбирать буферные накопители тепла, работающие с квартирными станциями; подбирать насосные группы; подбирать насосы; применять гидравлические стрелки; применять спаренные коллекторы.

4.6.7 Magicad

Эта мощная утилита предназначена для выполнения расчетов и трехмерного проектирования инженерных сетей [23].

В качестве графической платформы утилита использует AutoCad или RevitMap.



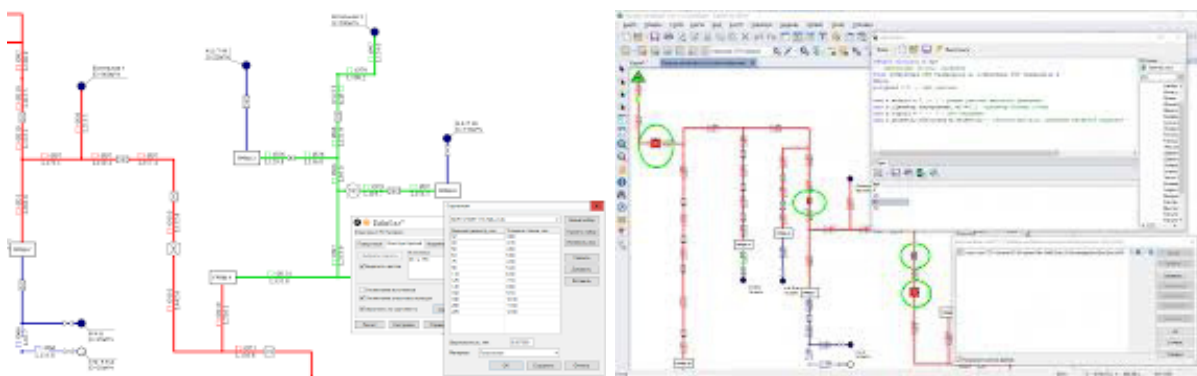
Данный программный комплекс дает возможность для создания схем вентиляции с трассировкой как в ручном, так и в автоматическом режиме. Расстановки фасонных частей и другого оборудования. Подбора сечений шахт, каналов и воздухопроводов. Расчета аэродинамического сопротивления воздухопроводов и оборудования. Акустического расчета. Балансировки системы вентиляции в автоматическом режиме.

4.7 Системы газоснабжения и вентиляции

4.7.1 ZuluGaz

ZuluGaz – моделирование гидравлических режимов в газопроводах [3].

Состав расчетных задач: Конструкторский гидравлический расчет газовой сети. Поверочный гидравлический расчет газовой сети. Определение объема природного газа при аварийных выбросах. Определение времени работы газопровода на остаточном давлении при отключении источника. Расчет резерва пропускной способности сети. Построение графика падения давления в газовой сети. Коммутационные задачи. Продольный профиль газовой сети.



Расчету подлежат тупиковые и кольцевые газовые сети низкого, среднего и высокого давления, работающие от одного или нескольких ГРП, ГРС.

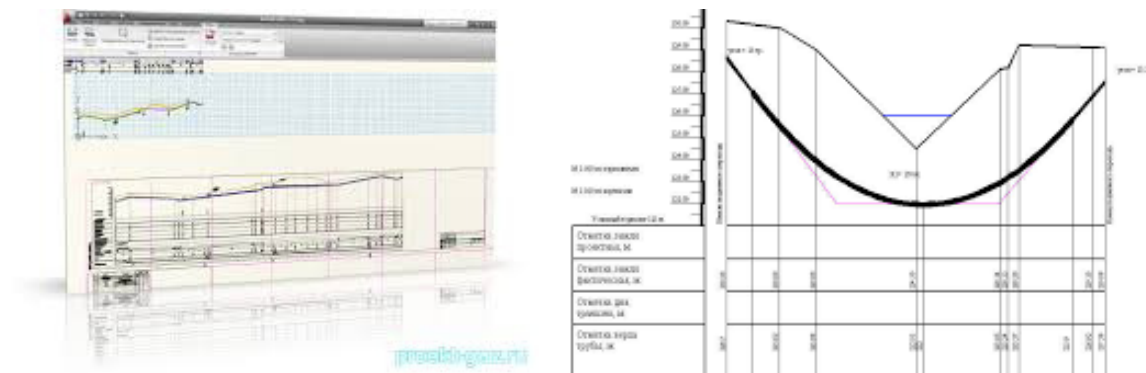
Состав газовой смеси может задаваться пользователем, и это может быть не только природный газ, но и обычный воздух.

Изображение газовой сети выполняется в топологическом редакторе геоинформационной системе ZuluGIS. При этом формируется расчетная модель сети и соответствующие таблицы к каждому объекту. В таблицы заносится необходимая информация для выполнения расчетов, а после его проведения осуществляется запись результатов. Модель может формироваться на карте в масштабе, с привязкой к какой либо системе координат или на уровне принципиальной схемы.

4.7.2 ТеплоГазСтрой

Программные модули *ТеплоГазСтрой*: наклонно-направленное бурение ННБ; эродинамический расчет газового тракта; построение профиля подземного газопровода; подбор компенсаторов газопровода; гидравлический расчет ветви газопровода; гидравлический расчет га-

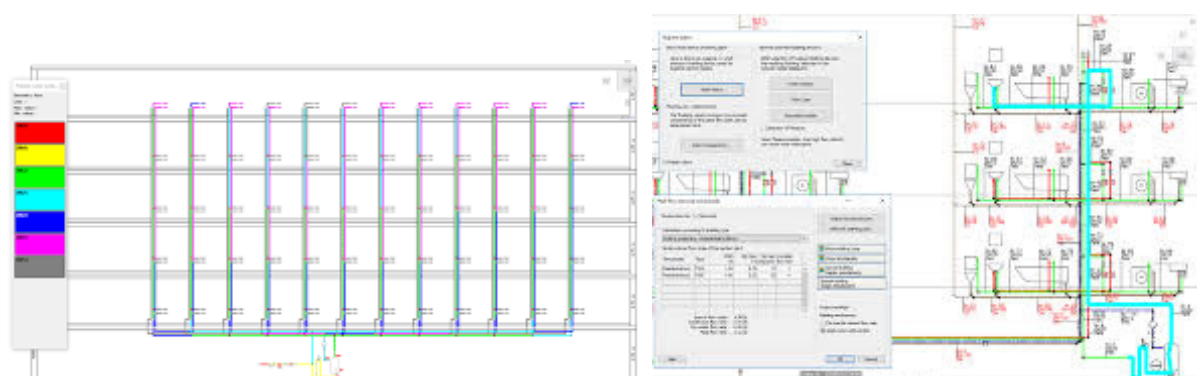
зопровода; установка растровой подосновы (плана); расчет привязок (Т-Б-К) на радиусной части трубы; таблица и номограмма потерь [4].



Все расчеты выполнены подробно, с приведением всех формул и последовательности вычислений всех значений в соответствии с СП и другими отработанными рекомендациями. Программы работают при наличии AutoCAD любой версии (кроме LT). Подробнее о программах:

4.7.3 AutoCAD/liNear CADinside

Благодаря решениям *liNear* обеспечивается непрерывный рабочий процесс при проектировании систем газоснабжения [21]. От создания эскиза, расчётов газопроводов до детального 3D-конструирования – с программами *liNear* на базе AutoCAD или *liNear CADinside*.



Функции для проектирования в разделе Газ есть как в Desktop Heating, так и в Desktop Water. С помощью панелей инструментов *liNear*, генераторов схем, команд для прокладки трасс, функций привязки для гибких и жёстких трубопроводов, автоматических легенд, ассистентов для проектирования штроб и многих других функций вы можете начертить системы и затем их рассчитать. Можно работать со схемой, планом или аксонометрией.

Благодаря удобному интерфейсу можно создать трёхмерную реалистичную систему за короткий срок. Уже во время конструирования функция проверки на наличие коллизий в режиме реального времени предотвращает пересечение трубопроводов и компонентов друг с другом. Можно проектировать непосредственно в 3D или автоматически создать 3D-модель из схематического изображения трубопроводной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АПМ. Инженерные расчеты для машиностроения и строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [tpr://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/APM_WinMachine/](http://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/APM_WinMachine/) (дата обращения: 26.04.2020).
2. Аскон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ascon.ru/products/7/review/> (дата обращения: 26.04.2020).
3. Политерм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.politerm.com/products/> (дата обращения: 26.04.2020).
4. ТеплоГазСтрой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tgsproekt.ru/instr.html> (дата обращения: 30.04.2020).
5. Топ системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/> (дата обращения: 26.04.2020).
6. Язык релейных диаграмм LD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektrik.info/main/automation/1298-yaзык-releynyh-diagramm-ld-i-ego-primenenie.html> (дата обращения: 30.04.2020).
7. Abinit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.abinit.org/> (дата обращения: 22.04.2020).
8. Aertia software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aertia.com/en/productos.asp?pid=325> (дата обращения: 26.04.2020).
9. ANSYS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ansys.com> (дата обращения: 22.04.2020).
10. Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/products/> (дата обращения: 26.04.2020).
11. Calculux/ URL: <https://calculux.software.informer.com/7.7/> (дата обращения: 26.04.2020).
12. Codesys [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.codesys.com/> (дата обращения: 30.04.2020).
13. Comsol [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.comsol.com> (дата обращения: 24.04.2020).
14. Crystal solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.crystalsolutions.eu> (дата обращения: 22.04.2020).
15. Dialux-help [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dialux-help.ru/> (дата обращения: 26.04.2020).
16. Docplayer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/26209507-Proektirovanie-i-raschet-allklima-for-autocad.html> (дата обращения: 28.04.2020).
17. Elcut [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elcut.ru/rack_r.htm (дата обращения: 26.04.2020).

18. FBD function-block-diagram [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.plcademy.com/function-block-diagram-programming/> (дата обращения: 30.04.2020).
19. Flowvision [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://flowvision.ru/ru/> (дата обращения: 24.04.2020).
20. Kompasflow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompasflow.ru/> (дата обращения: 30.04.2020).
21. Linear [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.linear.eu/ru/> (дата обращения: 30.04.2020).
22. Light-in-Night Road [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.l-i-n.ru/> (дата обращения: 28.04.2020).
23. Magicad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.magicad.com/ru//> (дата обращения: 28.04.2020).
24. Maplesoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maplesoft.com/products/maple> (дата обращения: 20.04.2020).
25. MathWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/matlab> (дата обращения: 20.04.2020).
26. Nanocad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nanocad.ru/> (дата обращения: 30.04.2020).
27. National instruments [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (дата обращения: 26.04.2020).
28. Openfoam [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.openfoam.com> (дата обращения: 24.04.2020).
29. PTS Mathcad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pts-russia.com/products/mathcad/mathcad-info.html> (дата обращения: 20.04.2020).
30. Rehau [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rehau.com/ru-ru/inzheneriya/services/software-tools/raucad> (дата обращения: 28.04.2020).
31. Simulink [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://exponenta.ru/simulink> (дата обращения: 20.04.2020).
32. SolidWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solidworks.com/> (дата обращения: 26.04.2020).
33. StatSoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.statsoft.ru> (дата обращения: 20.04.2020).
34. Valtec [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valtec.ru/document/calculate/> (дата обращения: 28.04.2020).
35. Viega [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://download.viega-event.ru/#> (дата обращения: 28.04.2020).

36. Vsim [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.txcorp.com/vsim> (дата обращения: 22.04.2020).

37. Wolfram Mathematica [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/mathematica> (дата обращения: 20.04.2020).

Текстовое электронное издание

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ

Учебное пособие для студентов,
обучающихся по направлениям «Агроинженерия»
и «Теплоэнергетика и теплотехника»

Составители:

Лекомцев Петр Леонидович
Ниязов Анатолий Михайлович
Олин Николай Львович

Редактор И. М. Мерзлякова
Компьютерная верстка А. А. Волкова

Электронное издание. Объем данных 8,2 Мб.
Мин. сист. треб.: PC не ниже класса Pentium I; 32 Мб RAM;
свободное место на HDD 16 Мб.
Операционная система: Windows XP/7/8.
Програм. обеспечение: Adobe Acrobat Reader версии 6 и старше
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.