

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КУЗНЕЧНО-
ШТАМПОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА АНАЛИЗА
ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПА9**

ВВЕДЕНИЕ

Целью моделирования технических объектов, в частности различных устройств и систем кузнечно-штамповочного производства, является анализ этих объектов путем воспроизведения происходящих в них процессов с последующей оценкой служебных свойств объекта и путей их улучшения. Такое воспроизведение процессов может быть осуществлено с помощью моделей. Модель – это объект любой физической природы, который способен замещать другой объект таким образом, что его изучение дает информацию о свойствах замещающего объекта.

Высокая верность воспроизведения процессов может иметь место лишь при адекватности модели объекту, т.е. при отображении моделью существенных его свойств. Такое отображение является главным требованием к моделям. Другие требования, предъявляемые к моделям, - простота синтеза, достаточность объема получаемой при моделировании информации и невысокие затраты при их разработке реализации.

Наиболее полно указанным требованиям удовлетворяют математические модели (ММ), которые представляют собой совокупность математических объектов, связанных отношений и действий над ними. Чаще всего ММ представляют собой системы дифференциальных уравнений.

Преимущества ММ перед физическими, в частности перед натурными моделями: практически неограниченная возможность их развития за счет глубины и полноты воспроизведения свойств объекта, простота и оперативность синтеза, гибкость модификации, относительно небольшие затраты при моделировании. В дальнейшем здесь под моделью будет всегда пониматься математическая модель.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Для обеспечения простоты и оперативности синтеза ММ при высокой сложности объектов моделирования их разбивают на типовые элементы и для каждого элемента создают ММ. В этом случае ММ объекта может быть синтезирована (собрана) из ММ элементов. С точки зрения разработчика ММ элемента представляет собой систему уравнений, описывающую существенные свойства элемента. Достаточность полноты и глубины описания существенных свойств элемента в его ММ является необходимым условием достаточности полноты и глубины отражения свойств объекта в его математической модели. С точки зрения пользователя ММ элемента представляет собой определенность, характеризующаяся: именем модели, полюсами, являющимися средством осуществления связей между элементами, параметрами модели, совокупностью свойств элемента, воспроизводимых его моделью. Каждая модель имеет, как правило, два имени. Первое имя представляет собой содержательную последовательность символов латинского алфавита (например, "Mufta") и предназначено для упоминания в текстовых документах. Другое имя представляет собой графический образ элемента, представленного в модели. С его помощью осуществляется вызов модели из библиотеки математических моделей элементов для использования при моделировании. На графических образах указаны полюса. Каждый полюс соответствует какой либо одной координате, часто в геометрическом смысле, по которой элемент взаимодействует с другими элементами. Таким образом, в общем случае каждая модель является многополюсником. Положение полюсов, соответствующих каждой координате строго фиксированы, что следует учитывать при разработке математической модели объекта.

Математические модели элементов, которые могут быть использованы для моделирования, приведены настоящем пособии.

Подготовка исходных данных для моделирования

Объект моделирования в соответствии с его физической природой представляют в виде кинематической, электрической, гидравлической, пневматической, логической схем или их совокупности. В качестве примера на рис.1 показана кинематическая схема кривошипного пресса. Затем объект расчленяют на элементы с учетом наличия соответствующих математических моделей в библиотеке моделей элементов. При расчленении выявляют число и характер функциональных связей между элементами. характер функциональных связей между элементами. На рис.2 показан пример расчленения того же пресса на элементы. Функциональные связи, представляющие собой в данном случае координаты двухмерного геометрического пространства, пронумерованы.

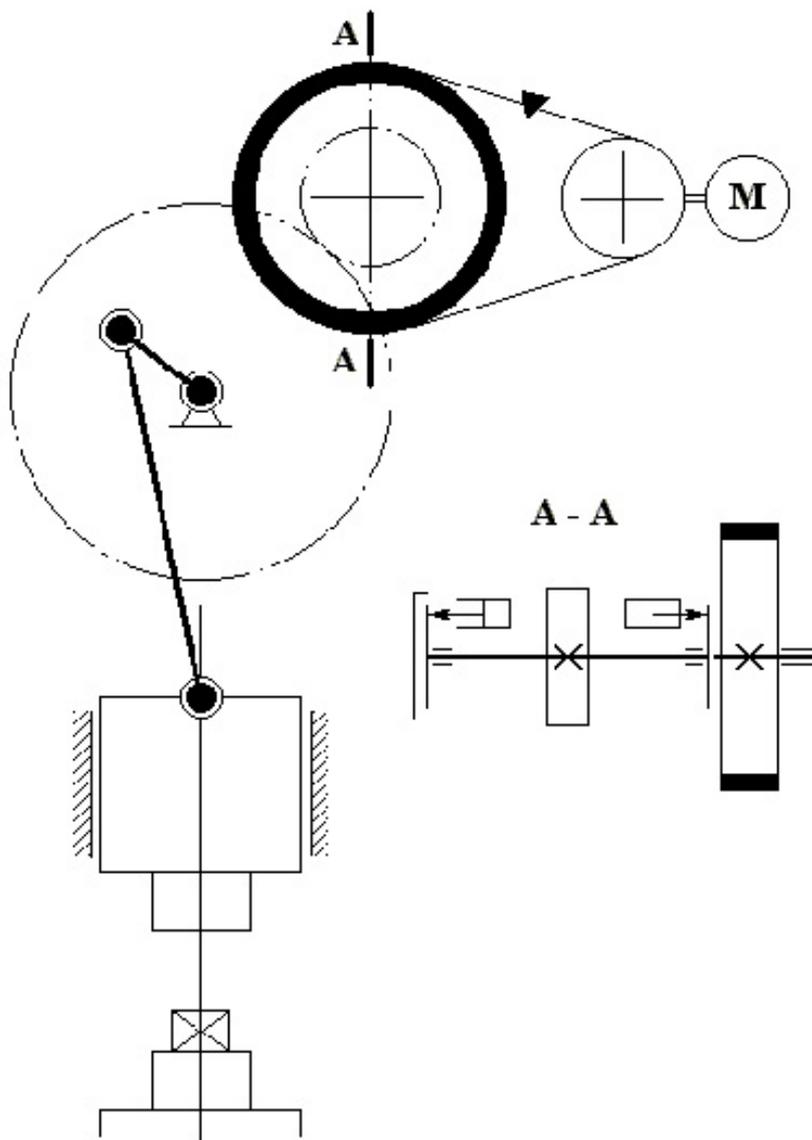


Рис. 1

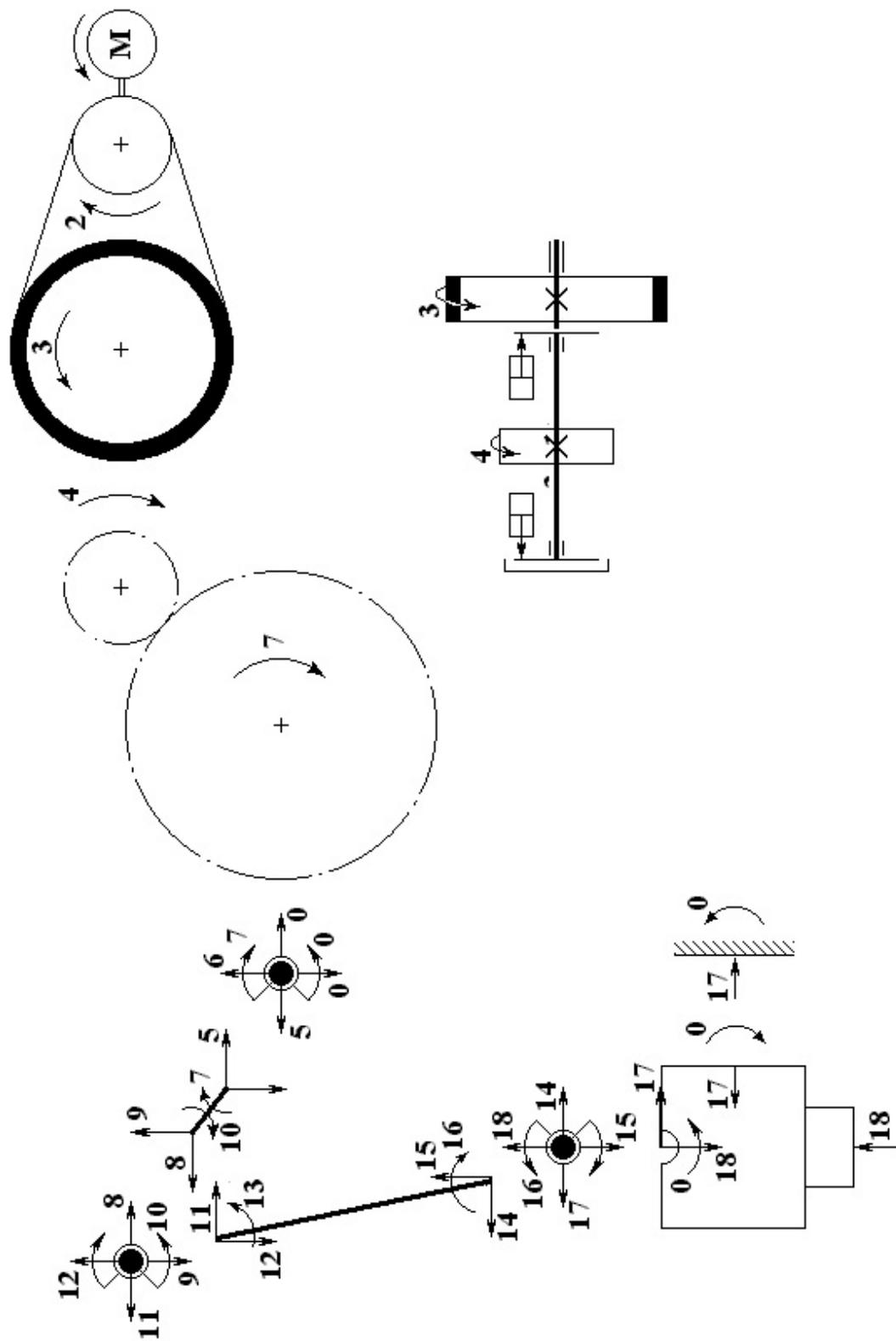


Рис. 2

Далее структуру объекта представляют в виде так называемой топологии, т.е. схемы, содержащей условные обозначения элементов и их связи. Связи создаются соединением полюсов моделей, образующих узлы топологии. Каждая связь соответствует координате, по которой элементы взаимодействуют между собой. Пример топологии прессы по рис.1 и 2 показан на рис.3. Узлы топологии на рис. 3 и соответствующие им связи на рис. 2 имеют одинаковые номера.

Структурная определенность модели объекта дополняется ее количественной определенностью путем введения параметров моделей элементов. Параметры должны быть заданы в согласованной системе единиц, например СИ, за исключением случаев, оговоренных особо. Если структура объекта и его количественные характеристики правильно и полно представлены в модели, то процессы, получаемые в моделировании, будут соответствовать процессам, протекающим в объекте. В этом случае модель считается адекватной объекту. Топология и параметры моделей образуют исходное описание объекта. Оно выполняется на языке описания объекта (ЯОО) программного комплекса РА9. Кроме описания объекта необходимо составить задание на расчет, выполняемое на языке описания задания (ЯОЗ). Описание задания на расчет содержит выбранный метод интегрирования, время интегрирования, максимальный, минимальный и стартовый шаг интегрирования, точность интегрирования и некоторые другие параметры. Описание объекта и описание задания на расчет создаются с помощью графического редактора.

Программный комплекс преобразует исходное описание объекта в систему дифференциальных уравнений и решает его. Результаты моделирования получаются в виде графиков и таблиц. Порядок системы уравнений, создаваемой комплексом в зависимости от сложности объекта может достигать сотен и тысяч.

Методы, используемые программным комплексом РА9

Для формирования математической модели объекта используется метод узловых потенциалов [1]. В каждый момент процесса интегрирования состояние каждого узла определяется фазовой переменной типа потенциала [1]. Фазовой переменной типа потенциала называется переменная, для которой справедлив второй электрический закон Кирхгофа, или его аналог в системе иной физической природы. Для случая систем электрической природы фазовая переменная типа потенциала представляет собой электрическое напряжение. В таблице 1 указаны фазовые переменные типа потенциала для систем различной физической природы.

Таблица 1

Физическая природа системы	Фазовые переменные	
	типа потока	типа потенциала
Электрическая	ток	напряжение
Механическая	сила, момент сил	скорость, угловая скорость
Гидравлическая, пневматическая	объемный расход, производительность	давление
Тепловая	тепловой поток	температура

Аналогом второго электрического закона Кирхгофа в механических системах является закон сложения скоростей, согласно которому в любой системе тел сумма разностей скоростей между любыми двумя телами равна нулю, если при переходах от одного тела к другому мы возвращаемся к исходному телу. При названном методе формирования математических моделей определяемыми на каждом шаге интегрирования являются узловые потенциалы.

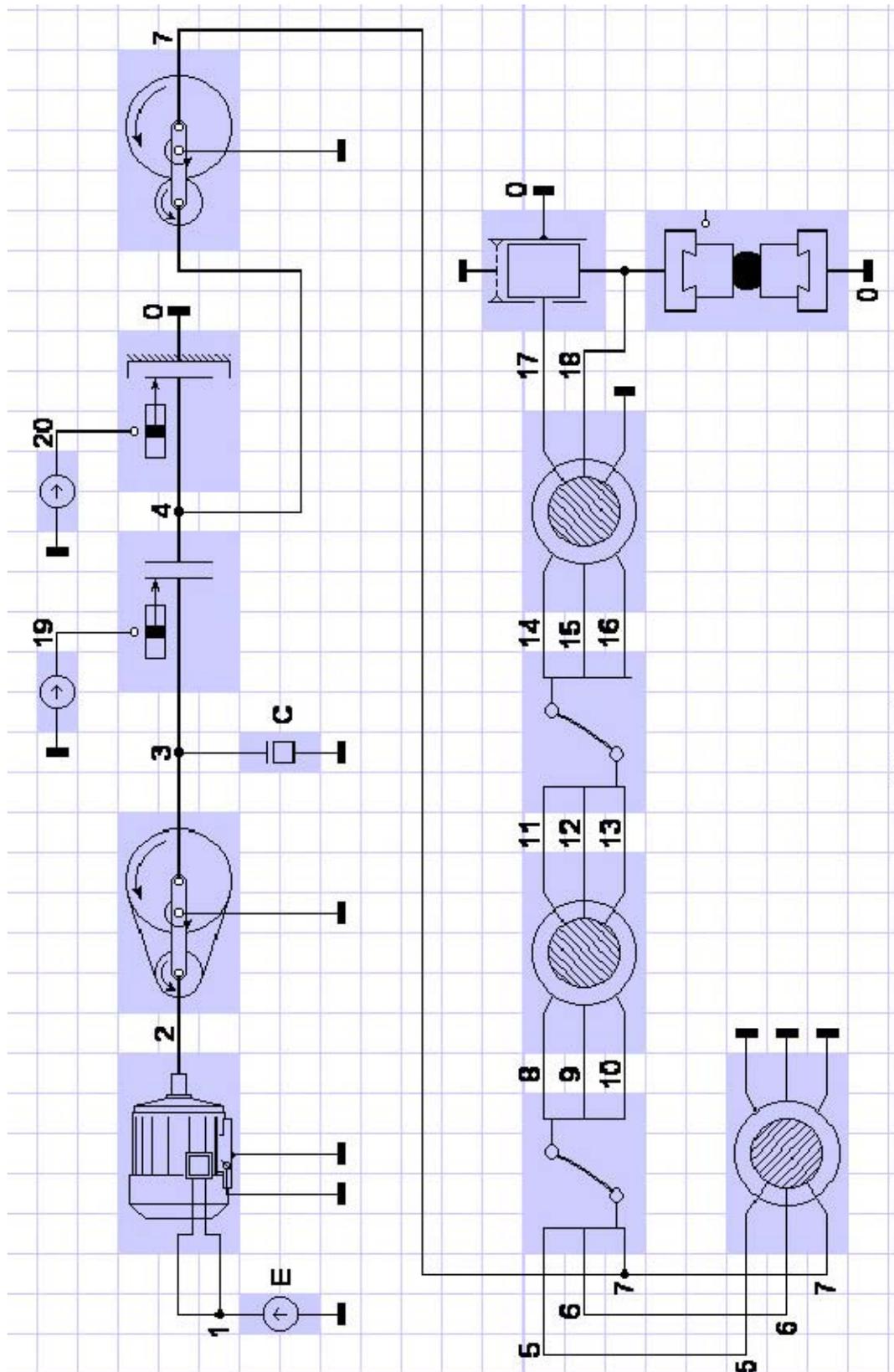


Рис. 3

В каждый момент процесса интегрирования состояние каждого полюса каждой модели определяется фазовой переменной типа потока [1]. Фазовой переменной типа потока называется переменная, для которой справедлив первый электрический закон Кирхгофа, или его аналог в системе иной физической природы. Для случая систем электрической природы фазовая переменная типа потока представляет собой электрический ток. В таблице 1 указаны фазовые переменные типа потока для систем различной физической природы. Аналогом второго электрического закона Кирхгофа в механических системах является закон равновесия сил, включая силы д'Аламбера, приложенных к какому-либо телу.

Определение узловых потенциалов осуществляется из условия равенства нулю так называемой невязки для каждого узла топологии. Невязка равна сумме фазовых переменных типа потока во всех полюсах моделей, соединенные которыми образуют узел топологии. Равенство нулю невязки является выражением первого электрического закона Кирхгофа или его аналога в системе иной физической природы. В механических системах равенство нулю невязки является выражением условия равновесия сил взаимодействия элементов. В гидравлических и пневматических системах – условия неразрывности среды.

Интегрирование системы уравнений осуществляется либо неявным методом Эйлера первого порядка, либо методом трапеций – методом второго порядка [2].

При моделировании линейных систем каждый шаг интегрирования осуществляется за одну итерацию. Для нелинейных систем определение узловых потенциалов на каждом шаге интегрирования может быть выполнено только в нескольких итерациях. При этом последовательное уменьшение невязки до нуля осуществляется методом Ньютона [2].

Интегрирование системы дифференциальных уравнений осуществляется путем его алгебраизации. В этом случае на каждой ньютоновской итерации решается соответствующая система линейных алгебраических уравнений (ЛАУ). Решение системы ЛАУ выполняется методом Гаусса.

Условие равенства нулю невязки при численных методах может быть выполнено только приближенно. Поэтому в качестве параметра, управляющего ходом вычислительного процесса, в описании задания на расчет должна быть указана норма невязки – допустимая невязка, по достижении которой процесс итераций заканчивается, и шаг интегрирования считается состоявшимся. Таким образом, норма невязки определяет точность расчета фазовых переменных типа потока в полюсах моделей и должна назначаться с учетом порядка значений фазовых переменных типа потока. Чрезмерное ужесточение нормы невязки увеличивает время интегрирования и может привести к невозможности его выполнения. Порядок значений фазовых переменных типа потока может быть оценен в первых попытках интегрирования или по значениям параметров моделей, определяющих фазовые переменные типа потока. Примером может служить параметр модели муфты включения "Максимальный момент, передаваемый муфтой" или параметр модели технологической нагрузки "Сила деформирования..." (см. таблицу 2). Можно рекомендовать выбирать норму невязки 0,01-0,05 от максимальных значений фазовой переменной типа потока. Окончательное решение вопроса о назначении нормы невязки остается за пользователем.

Другими параметрами, определяющим точность интегрирования являются норма приращений и точность интегрирования. Под приращениями подразумевается изменение фазовой переменной типа потенциала на одной итерации. Как и норма невязки, норма приращений используется для решения вопроса о прекращении итераций. Ее следует, как и норму невязки, назначать в зависимости от ожидаемых значений фазовых переменных потенциала. Можно воспользоваться имеющейся в комплексе возможностью указывать в качестве нормы приращений, как относительные значения приращений, так и абсолютные. Норму относительных приращений и точность интегрирования рекомендуется выбирать также в пределах 0,01-0,05. Окончательное решение вопроса о назначении нормы приращений и точности остается за пользователем.

Непосредственным результатом интегрирования являются массивы значений фазовых переменных типа потока и типа потенциала. Однако пользователя могут интересовать

переменные, которые по своей природе не являются фазовыми переменными, например, мощность, работа, КПД, напряжения в деталях, долговечность и др. Эти переменные, как правило, являются функциями фазовых переменных, вычисляются через них в математических моделях элементов и получили название расчетных переменных.

Непосредственным результатом интегрирования являются массивы значений фазовых переменных типа потока во всех полюсах всех моделей и типа потенциала во всех узлах топологии модели. Все полученные фазовые переменные могут быть визуализированы в виде графиков. Для визуализации выбранных для этого фазовых переменных используются индикаторы различных типов. Для визуализации расчетных переменных используются универсальные индикаторы.

Диагностические сообщения комплекса и действия пользователя по ним

1. Остановлено из-за контроля невязок:

- увеличить значение нормы невязки Dli ,
- уменьшить значение минимального шага интегрирования Smn ,
- убедиться в отсутствии ошибок в топологии модели,
- убедиться в отсутствии ошибок при введении параметров,
- обратиться к разработчику.

2. Остановлено из-за контроля приращений:

- перейти от задания нормы приращений в абсолютных единицах к заданию нормы приращений в относительных единицах,
- увеличить значение нормы приращений Dlu ,
- уменьшить значение минимального шага интегрирования Smn ,
- убедиться в отсутствии ошибок в топологии модели,
- убедиться в отсутствии ошибок при введении параметров,
- обратиться к разработчику.

3. Остановлено из-за контроля точности:

- увеличить значение нормы точности Arg ,
- уменьшить значение минимального шага интегрирования Smn ,
- убедиться в отсутствии ошибок в топологии модели,
- убедиться в отсутствии ошибок при введении параметров,
- обратиться к разработчику.

4. Остановлено из-за арифметической ошибки (с указанием узла):

- если к указанному узлу подключена модель источника фазовой переменной типа потенциала (источника скорости, давления, электрического напряжения) ввести в модели ненулевое значение параметра “Внутреннее сопротивление” Ri .
- обратиться к разработчику.

5. Нулевой элемент на главной диагонали матрицы:

- в моделях элементов проверить отсутствие нулевых значений параметров масс, моментов инерции, объема; при обнаружении таковых ввести их ненулевые значения.

При получении одного из приведенных сообщения следует щелкнуть по полю $T=...$ (при этом в поле появляется “Статистика”) и в открывшемся окне обратить внимание на причины наибольшего числа “отброшенных” шагов (итераций) интегрирования. Следует иметь в виду, что если отсутствуют “отброшенные” по какой-либо причине шаги (контроль невязок, контроль приращений, контроль точности), то это свидетельствует о неоправданной завышенной соответствующей норме.

Диагностические сообщения математических моделей

Диагностические сообщения моделей могут быть связаны с ошибками, допущенными пользователем, или возникновением ситуации при моделировании, о которой пользователя необходимо известить. Сообщения, вызванные причинами, при которых продолжение моделирования невозможно, появляются в самостоятельно открывающемся окне “Недопустимая конфигурация системы”. При этом вычислительный процесс останавливается. Сообщения, при которых возможно продолжение моделирования, появляются в окне “JAVA”, которое пользователю следует активизировать самостоятельно.

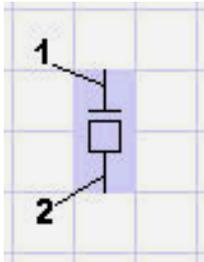
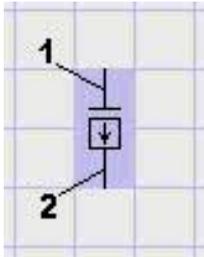
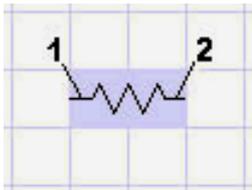
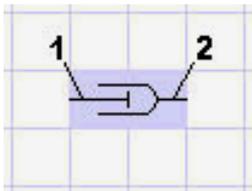
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Механические системы. Фазовые переменные для линейных координат – сила (Н), скорость (м/с), для угловых координат – момент сил (Нм), угловая скорость (1/с). Каждый элемент может рассматриваться в локальной системе координат. Положительные направления ее осей должны совпадать с положительными направлениями системы координат объекта моделирования, принимаемой в качестве глобальной системы координат. Система координат двумерных элементов – правосторонняя. Любая пара осей системы координат трехмерных элементов образуют также правостороннюю систему координат, если смотреть со стороны положительного направления третьей оси. Началом отсчета углов в такой системе принята горизонтальная ось; положительное направление отсчета углов, а также угловых скоростей, крутящих и изгибающих моментов – против часовой стрелки. В этом же направлении проводят при необходимости счет самих осей. Любая ось системы координат может быть принята вертикальной, т.е. осью, вдоль которой действует сила тяжести. В описании моделей в качестве такой оси принята ось Y.

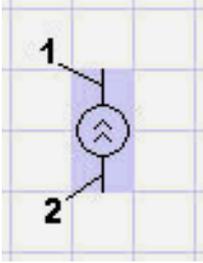
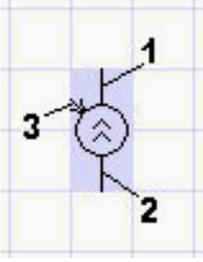
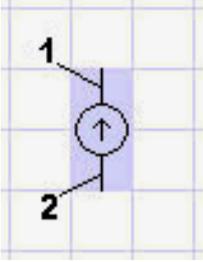
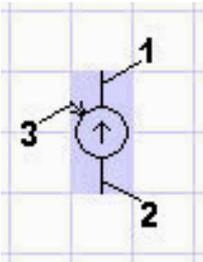
Гидравлические системы. Фазовые переменные – объемный расход ($\text{м}^3/\text{с}$), давление (избыточное, МПа).

Пневматические системы. Каждое соединение элементов в пневматических системах представлено двумя связями: “гидравлической” и тепловой. Фазовые переменные для “гидравлических” связей – объемный расход ($\text{м}^3/\text{с}$), давление (избыточное, МПа), для тепловых связей – тепловой поток (Дж/с), температура ($^{\circ}\text{C}$). В случае если выход пневматического элемента имеет место в атмосферу, он должен быть реализован с помощью модели “Источник рабочего тела пневматических систем” RTPN с указанием параметра “Р – давление рабочего тела, МПа” равного 0. Параметр “Т – температура рабочего тела, $^{\circ}\text{C}$ ” следует назначать равным температуре окружающей среды. В моделях пневматических систем и в моделях, содержащих пневматические подсистемы, норму абсолютных приращений Dlu следует назначать не более 0,01. Предпочтительнее назначать норму относительных приращений в пределах 0.0001- 0.01, открыв при этом окно параметра Mvu и назначив его равным 0.01.

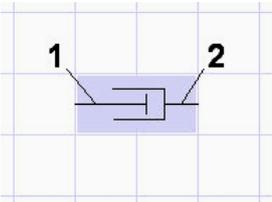
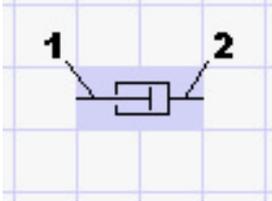
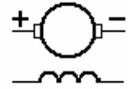
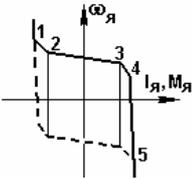
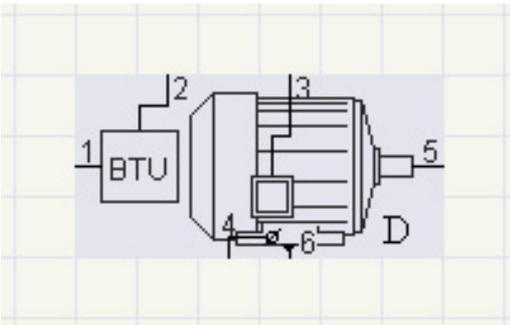
Логические системы. В моделях логических систем и в моделях, содержащих логические подсистемы норму как абсолютных, так и относительных приращений Dlu , следует назначать не больше 0,1.

Имя модели элемента, схема элемента и (или) его условное обозначение, графический образ	Полюса модели
1	2
Простейшие	
<p style="text-align: center;">M</p> <p>Инерционная масса, момент инерции, а также электрическая, тепловая емкости</p> 	<p>1 – полюс для подключения модели к небазовому узлу топологии</p> <p>2 – полюс для подключения модели к узлу топологии (в инерциальных системах отсчета должен быть соединен с базовым узлом топологии)</p>
<p style="text-align: center;">MV</p> <p>Инерционная и тяготеющая масса</p> 	<p>1 – полюс для подключения модели к небазовому узлу топологии</p> <p>2 – полюс для подключения модели к узлу топологии (в инерциальных системах отсчета должен быть соединен с базовым узлом топологии)</p>
<p style="text-align: center;">K</p> <p>Упругость линейная</p> 	<p>1, 2 – полюса для подключения модели к узлам топологии</p>
<p style="text-align: center;">R</p> <p>Трение вязкое, а также электрическое, тепловое сопротивление</p> 	<p>1, 2 – полюса для подключения модели к узлам топологии</p>

Параметры модели	Расчетные переменные модели	Свойства элемента, воспроизводимые моделью
3	4	5
динамические элементы		
М - масса (момент инерции, электрическая емкость, теплоемкость, и др.)	1 – накопленная энергия элемента, Дж	Инерционные или иные свойства в соответствии с физической природой элемента
М – масса	1 – потенциальная энергия элемента, Дж 2 – кинетическая энергия элемента, Дж 3 – полная энергия элемента, Дж	Инерционные свойства подвижного в вертикальном направлении элемента с действием его силы тяжести
К - жесткость механическая: поступательная, крутильная (электрическая индуктивность) DLT0 – начальная деформация элемента	1 – накопленная энергия элемента, Дж	Линейная, крутильная упругость или иные свойства в соответствии с физической природой элемента
Р - коэффициент вязкого трения (электрическое, тепловое сопротивление и др.)	1 – потери энергии в элементе	Диссипативные свойства линейного элемента в соответствии с его физической природой

1	2
<p style="text-align: center;">P</p> <p style="text-align: center;">Источник постоянной силы, момента, а также электрического тока, гидравлического, газового, теплового потоков</p> 	<p>1 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потока, равная значению введенного параметра с противоположным знаком</p> <p>2 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потока, равная значению введенного параметра</p>
<p style="text-align: center;">PU</p> <p style="text-align: center;">Управляемый источник силы, момента, а также электрического тока, гидравлического, газового, теплового потоков</p> 	<p>1 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потока, значение которой с противоположным знаком определяется задающим элементом</p> <p>2 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потока, значение которой определяется задающим элементом</p> <p>3 – полюс для подключения задающего элемента (см. разделы “Образцы компонентов”, “Функции”)</p>
<p style="text-align: center;">V</p> <p style="text-align: center;">Источник постоянной скорости (поступательной, угловой), а также электрического напряжения, давления среды, температуры</p> 	<p>1 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потенциала, значение которой относительно другого полюса равно введенному значению параметра</p> <p>2 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потенциала, значение которой относительно другого полюса равно введенному значению параметра с противоположным знаком</p>
<p style="text-align: center;">VU</p> <p style="text-align: center;">Управляемый источник скорости (поступательной, угловой), а также электрического напряжения, давления среды, температуры, источник логических сигналов</p> 	<p>1 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потенциала, значение которой относительно другого полюса определяется задающим элементом</p> <p>2 – полюс, на котором генерируется фазовая переменная типа потенциала, значение которой относительно первого полюса равно введенному значению параметра с противоположным знаком</p> <p>3 – полюс для подключения задающего элемента (см. разделы “Образцы компонентов”, “Функции”)</p>

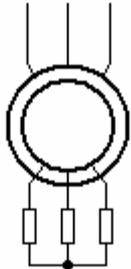
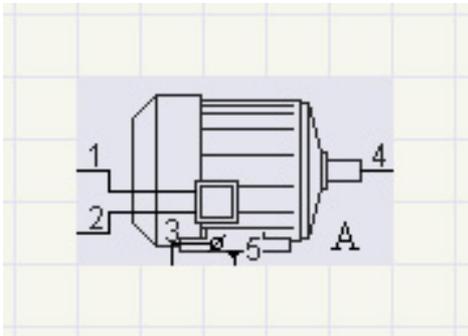
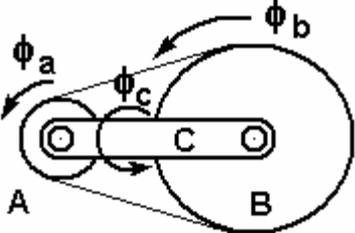
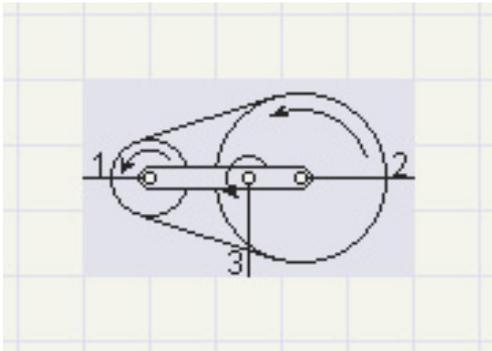
3	4	5
<p>Р - значение генерируемой фазовой переменной типа потока</p>	<p>1 – отдаваемая (поглощаемая) энергия, (для случаев использования как источника постоянной скорости, а также электрического напряжения, давления среды), Дж</p>	<p>Способность создавать силу, момент сил, электрический ток, гидравлический, газовый, тепловой потоки</p>
<p>Переменное значение параметра, определяемое задающим элементом (см. разделы “Образцы компонентов”, “Функции”)</p>	<p>1 – отдаваемая (поглощаемая) энергия, (для случаев использования как источника постоянной скорости, а также электрического напряжения, давления среды), Дж</p>	<p>Способность создавать силу, момент сил, электрический ток, гидравлический, газовый, тепловой потоки в соответствии с выбранной функцией их изменения</p>
<p>V - значение генерируемой фазовой переменной типа потенциала</p>	<p>1 – отдаваемая (поглощаемая) энергия, (для случаев использования как источника постоянной скорости, а также электрического напряжения, давления среды), Дж</p>	<p>Способность задавать линейную, угловую скорости, электрическое напряжение, давление среды, температуру</p>
<p>Переменное значение параметра, определяемое задающим элементом (см. разделы “Образцы компонентов”, “Функции”)</p>	<p>1 – отдаваемая (поглощаемая) энергия, (для случаев использования как источника постоянной скорости, а также электрического напряжения, давления среды), Дж</p>	<p>Способность задавать линейную, угловую скорости, электрическое напряжение, давление среды, температуру, логические сигналы в соответствии с выбранной функцией их изменения</p>

1	2
<p style="text-align: center;">UPRL</p> <p>Односторонний упор с линейной зависимостью контактного усилия от контактной деформации</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий элементу, перемещение которого относительно другого элемента в направлении положительной оси координат уменьшает расстояние между элементами</p> <p>2 – полюс, соответствующий другому элементу</p>
<p style="text-align: center;">UPRLD</p> <p>Двусторонний упор с линейной зависимостью контактного усилия от контактной деформации</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий элементу, перемещение которого относительно другого элемента в направлении положительной оси координат уменьшает расстояние между элементами со стороны положительного направления оси системы координат</p> <p>2 – полюс, соответствующий другому элементу</p>
Элементы меха	
<p style="text-align: center;">DVPBTU</p> <p>Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением с приводом типа БТУ</p>  <p>Характеристика двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, формируемая приводом типа БТУ [1]</p>  	<p>1 – полюс для подключения к модели силового источника напряжения</p> <p>2 – полюс, соответствующий силовому выходу привода</p> <p>3 – полюс, соответствующий силовому входу двигателя (соединить с полюсом 2)</p> <p>4 – полюс, соответствующий электрическому заземлению</p> <p>5 – полюс, соответствующий валу двигателя</p> <p>6 – полюс, соответствующий закреплению корпуса двигателя</p>

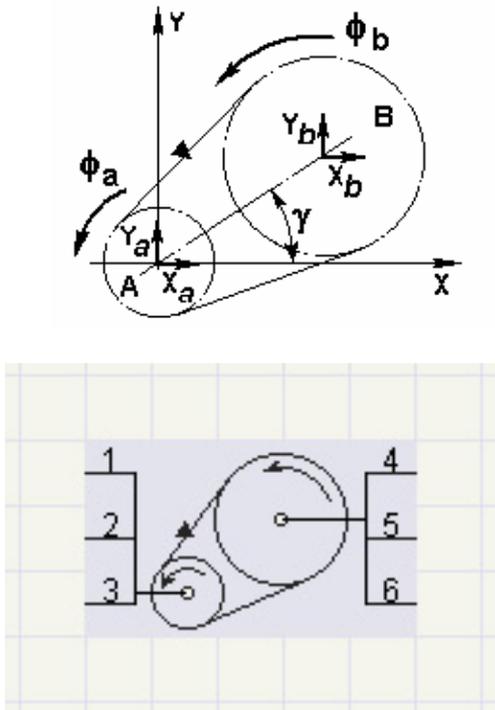
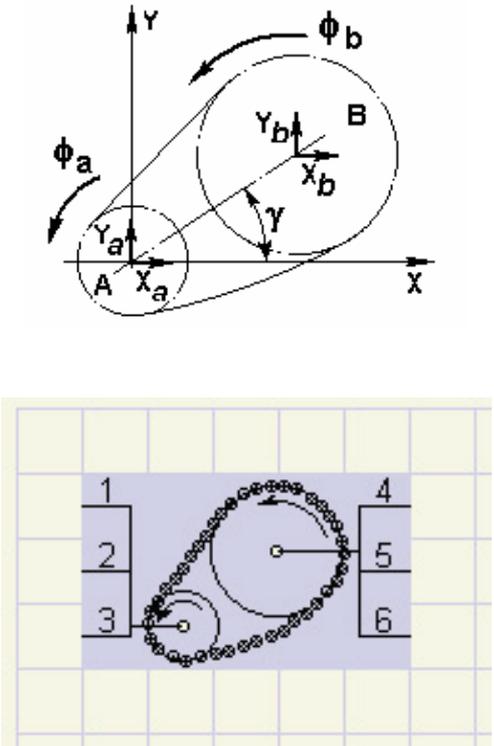
3	4	5
<p>DLT0 - начальное расстояние между элементами упора со стороны положительного направления оси системы координат</p> <p>К – коэффициент контактной жесткости</p>		<p>Способность создавать силу, пропорциональную контактной деформации</p>
<p>DLT10 - начальное расстояние между элементами упора со стороны положительного направления оси системы координат</p> <p>DLT20 – начальное расстояние между элементами упора со стороны отрицательного направления оси системы координат</p> <p>К – коэффициент контактной жесткости</p>		<p>Способность создавать силу, пропорциональную контактной деформации</p>

нических систем

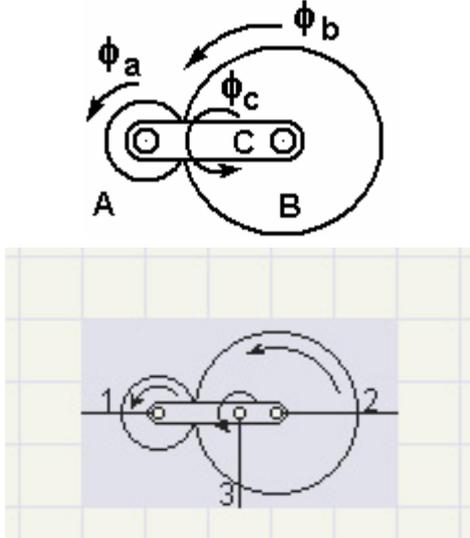
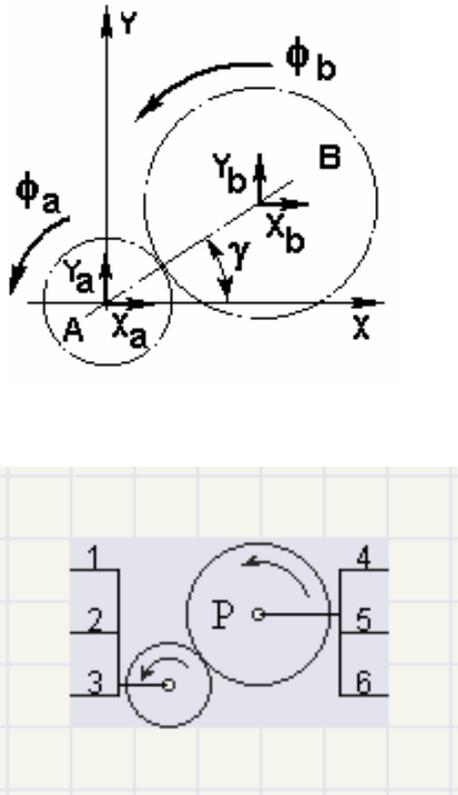
<p>PNOM - номинальная мощность двигателя, кВт</p> <p>WNOM - номинальная частота вращения якоря ($\omega_{я}$), 1/с</p> <p>VNOM - номинальное напряжение якоря ($U_{я}$), В</p> <p>IANOM - номинальная сила тока якоря ($I_{я}$), А</p> <p>KPDNOM - КПД двигателя в номинальном режиме</p> <p>J – момент инерции якоря, кгм²</p> <p>RIANOM – сопротивление якоря, Ом</p> <p>UMAX – максимальное напряжение якоря, В</p> <p>N23 – наклон участка 2-3 характеристики, $1/(Ac)$ /не более $R_{я}\omega_{я}/((2-3)U_{я})$ [1]</p> <p>N45 – наклон участка 4-5 характеристики, $1/(Ac)$ /не менее $R_{я}\omega_{я}/((2-3)U_{я})$ [1]</p> <p>IOTS – стопорный ток двигателя, А</p> <p>TNVSKVT – время начала вычисления эквивалентного тока [2], с</p>	<p>1 – потери энергии в двигателе, Дж</p> <p>2 – потребляемая энергия двигателя, Дж</p> <p>3 – отдаваемая энергия двигателя, Дж</p> <p>4 – эквивалентный ток двигателя, А</p> <p>5 – номинальный ток двигателя, А</p> <p>6 – КПД двигателя</p> <p>7 – электромагнитный момент, Нм</p>	<p>Способность создавать крутящий момент в соответствии с характеристикой двигателя, определяемой введенными параметрами: сплошная линия – при подаче положительного напряжения от внешнего силового источника; пунктирная линия - при подаче отрицательного напряжения от внешнего силового источника</p>
---	---	--

1	2
<p style="text-align: center;">DVA Двигатель асинхронный односкоростной</p>  	<p>1,2 – полюса для подключения к модели силового источника напряжения</p> <p>3 – полюс, соответствующий электрическому заземлению</p> <p>4 – полюс, соответствующий валу двигателя</p> <p>5 – полюс, соответствующий закреплению корпуса двигателя</p>
<p style="text-align: center;">FRP Фрикционная передача, например клиноременная</p>  	<p>1 - полюс, соответствующий координате углового перемещения (ϕ_a) ведущего шкива А</p> <p>2 - полюс, соответствующий координате углового перемещения (ϕ_b) ведомого шкива В</p> <p>3 - полюс, соответствующий координате углового перемещения (ϕ_c) общего носителя С ведущего и ведомого шкивов</p>

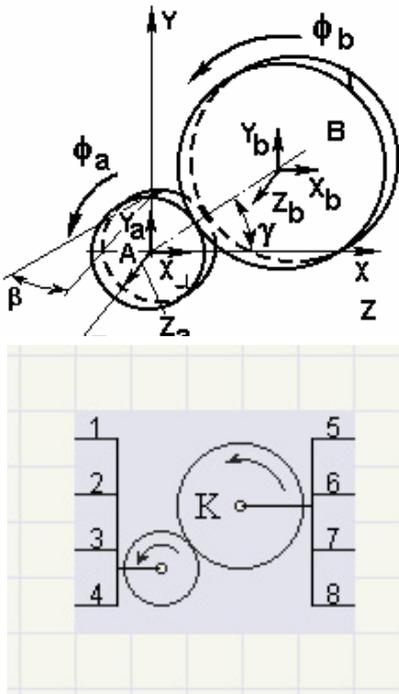
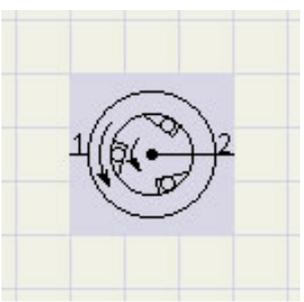
3	4	5
<p>PNOM - номинальная мощность двигателя, кВт W0 – синхронная частота вращения, 1/с V1FN – номинальное фазное напряжение, В KPDNOM - КПД в номинальном режиме COSFIN – cos φ при номинальном режиме J – момент инерции ротора, кгм² R11OTN – относительное активное сопротивление фазы ротора X11OTN – относительное реактивное сопротивление фазы ротора R22OTN – относительное активное сопротивление фазы статора X22OTN – относительное реактивное сопротивление фазы статора XMOTN – относительное главное индуктивное сопротивление R2DOP – дополнительное сопротивление в цепи ротора, Ом SP1 – число эффективных проводников в пазу статора Z1 – число пазов статора A1 – число параллельных ветвей обмотки статора K1 – обмоточный коэффициент статора SP2 – число эффективных проводников в пазу ротора Z2 – число пазов ротора A2 - число параллельных ветвей обмотки ротора K2 – обмоточный коэффициент ротора TNVSKVT – время начала вычисления эквивалентного тока [2], с</p>	<p>1 – потери энергии в двигателе, Дж 2 – потребляемая энергия двигателя, Дж 3 – отдаваемая энергия двигателя, Дж 4 – эквивалентный ток двигателя, А 5 – номинальный ток двигателя, А 6 – КПД двигателя 7 – коэффициент мощности (cos φ) двигателя 8 – электромагнитный момент, Нм</p>	<p>Способность создавать крутящий момент в соответствии с механической характеристикой при заданных значениях питающего напряжения и дополнительного сопротивления в цепи ротора, знаке питающего напряжения Модель вычисляет в виде фазовых переменных типа потока в полюсах: 1 - активный линейный ток (действующее значение); 2 - реактивный линейный ток (действующее значение)</p>
<p>PCN – передаточное число MN – номинальный момент на меньшем шкиве, Нм MM – максимальный момент на меньшем шкиве, Нм ALFAN – относительное упругое скольжение в номинальном режиме K – крутильная жесткость передачи, приведенная к меньшему шкиву, Нм JA – момент инерции ведущего шкива, кгм² JB – момент инерции ведомого шкива, кгм² JC – совокупный момент инерции общего носителя шкивов и шкивов, кгм² (при неподвижности носителя можно назначать равным нулю)</p>	<p>1 – потери энергии в передаче, Дж 2 – входная энергия передачи, Дж 3 – выходная энергия передачи, Дж 4 – момент сил трения передачи на ведущем шкиве, Нм 5 – момент сил трения передачи на ведомом шкиве, Нм 6 – проскальзывание передачи (упругое, при буксовании), приведенное к ведомому шкиву, с⁻¹</p>	<p>Трансформация частоты вращения в соответствии с передаточным числом и упругим скольжением Изменение знака момента и трансформация его значения в соответствии с передаточным числом Способность воспроизводить режим буксования Способность воспроизводить планетарное движение элементов</p>

1	2
<p style="text-align: center;">KLRMP Фрикционная передача, например клиноременная</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения центра малого шкива А</p> <p>2 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения центра малого шкива</p> <p>3 – полюс, соответствующий координате (ϕ_a) углового перемещения малого шкива</p> <p>4 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения центра большого шкива В</p> <p>5 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения центра большого шкива</p> <p>6 – полюс, соответствующий координате (ϕ_b) углового перемещения большого шкива</p>
<p style="text-align: center;">CP Цепная передача</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения центра малой звездочки А</p> <p>2 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения центра малой звездочки</p> <p>3 – полюс, соответствующий координате (ϕ_a) углового перемещения малой звездочки</p> <p>4 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения центра большой звездочки В</p> <p>5 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения центра большой звездочки</p> <p>6 – полюс, соответствующий координате (ϕ_b) углового перемещения большой звездочки</p>

3	4	5
<p>D1 – диаметр малого шкива, м D2 – диаметр большого шкива, м A – межосевое расстояние, м GMN – угловое положение межосевой линии, рад SR – площадь сечения ремня, см² KTR – коэффициент трения ER – модуль упругости материала ремня при растяжении, Па LSV – длина ремня в свободном состоянии, м M1 – масса малого шкива, кг J1 – момент инерции малого шкива, кгм² M2 – масса большого шкива, кг J2 – момент инерции большого шкива, кгм² TIAG – параметр направления силы тяжести (1 - при действии силы тяжести вдоль оси Y, 0 - при действии силы тяжести перпендикулярно плоскости передачи)</p>	<p>1 – потери энергии в передаче, Дж 2 – входная энергия передачи, Дж 3 – выходная энергия передачи, Дж 4 – момент сил трения передачи на ведущем шкиве, Нм 5 – момент сил трения передачи на ведомом шкиве, Нм 6 – сила натяжения ведущей ветви ремня, Н 7 – сила натяжения ведомой ветви ремня, Н 8 – проскальзывание передачи (упругое, при буксовании), приведенное к ведомому шкиву, с⁻¹</p>	<p>Трансформация частоты вращения в соответствии с передаточным числом и упругим скольжением Изменение знака момента и трансформация его значения в соответствии с передаточным числом Способность воспроизводить режим буксования Способность воспроизводить планетарное движение элементов</p>
<p>Z1 – число зубьев малой звёздочки Z2 – число зубьев большой звёздочки T – шаг цепи, м A – межосевое расстояние, м GAMMA – угловое положение межосевой линии, рад DLTFI – свободный ход малой звёздочки за счет провисания цепи, рад KPD – коэффициент полезного действия K – коэффициент жесткости нагруженной ветви цепи при растяжении, Н/м (при отсутствии необходимости учета можно назначать равной 1.e9...1.e12) M1 – масса малой звездочки, кг J1 – момент инерции малой звездочки, кгм² M2 – масса большой звездочки, кг J2 – момент инерции большой звездочки, кгм² TIAG – параметр направления силы тяжести (1 - при действии силы тяжести вдоль оси Y, 0 - при действии силы тяжести перпендикулярно плоскости передачи)</p>	<p>1 – потери энергии в передаче, Дж 2 – входная энергия передачи, Дж 3 – выходная энергия передачи, Дж 4 – скорость цепи м/с 5 – сила растяжения ведущей ветви цепи, Н</p>	<p>Способность элементов перемещаться по любой из координат и занимать в двухмерном пространстве любое взаимнообусловленное положение Трансформация частоты вращения в соответствии с передаточным числом Изменение знака и трансформация момента в соответствии с передаточным числом и потерями на трение в передаче Способность оказывать силовое воздействие на носители звездочек Способность передавать механическую мощность как от малой звездочки к большой, так и в обратном направлении</p>

1	2
<p style="text-align: center;">RDN</p> <p style="text-align: center;">Зубчатая передача внешнего зацепления</p> 	<p>1 - полюс, соответствующий координате углового перемещения (ϕ_a) шестерни А</p> <p>2 - полюс, соответствующий координате углового перемещения (ϕ_b) колеса В</p> <p>3 - полюс, соответствующий координате углового перемещения (ϕ_c) общего носителя С шестерни и колеса</p>
<p style="text-align: center;">ZACPCN</p> <p style="text-align: center;">Зацепление прямозубое цилиндрическое внешнее эвольвентное</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения центра шестерни А</p> <p>2 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения центра шестерни</p> <p>3 – полюс, соответствующий координате (ϕ_a) углового перемещения шестерни</p> <p>4 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения центра колеса В</p> <p>5 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения центра колеса</p> <p>6 – полюс, соответствующий координате (ϕ_b) углового перемещения колеса</p>

3	4	5
<p>PCN – передаточное число KPD - коэффициент полезного действия К – крутильная жесткость передачи, приведенная к шестерне, Нм (при отсутствии необходимости учета можно назначать равной $1.e9...1.e12$) JA - момент инерции шестерни, $кгм^2$ JB - момент инерции колеса, $кгм^2$ JC – совокупный момент инерции общего носителя шестерни и колеса, шестерни и колеса, $кгм^2$ (при неподвижности носителя можно назначать равным нулю)</p>	<p>1 – потери энергии в передаче, Дж 2 – входная энергия передачи, Дж 3 – выходная энергия передачи, Дж 4 – момент сил в зацеплении на шестерне, Нм 5 – момент сил в зацеплении на колесе, Нм 6 – момент сил в зацеплении на общем носителе шестерни и колеса, Нм</p>	<p>Изменение знака и трансформация частоты вращения в соответствии с передаточным числом Трансформация момента в соответствии с передаточным числом и КПД Способность воспроизводить плано-тарное движение элементов</p>
<p>Z1 – число зубьев шестерни Z2 – число зубьев колеса М – модуль зацепления, м Н – ширина зацепления, м GMN – начальное угловое положение (γ) межосевой линии X1 – коэффициент смещения шестерни X2 – коэффициент смещения колеса KTR – коэффициент трения в зацеплении DLTBN – зазор в зацеплении, м E1 – модуль упругости 1-го рода материала шестерни, Па E2 – модуль упругости 1-го рода материала колеса, Па M1 – масса шестерни, кг J1 – момент инерции шестерни, $кгм^2$ M2 – масса колеса, кг J2 – момент инерции колеса, $кгм^2$ TIAG – параметр направления силы тяжести (1 - при действии силы тяжести вдоль оси Y, 0 - при действии силы тяжести перпендикулярно плоскости передачи) SIGMIN1SH – предел усталости материала шестерни, Па* SIGMIN1K – предел усталости материала колеса, Па* SIGMAN – допускаемое контактное напряжение зубчатой передачи, Па* FSIGMA – коэффициент $\Phi_{\sigma\phi}$ [5,(3.81)]* FISHTRIN – коэффициент ϕ' [5,(3.81)]* PN – номинальная сила прессы, Н N – запас прочности при изгибе [5, (3.83)]* KN – коэффициент нагрузки [5, (3.80)]*</p> <p>* необязательные параметры; используются при определении допускаемых сил на ползуне кривошипного прессы по прочности зубчатых передач</p>	<p>1 – потери энергии в передаче, Дж 2 – входная энергия передачи, Дж 3 – выходная энергия передачи, Дж 4 – нормальная сила в зацеплении, Н 5 – сила трения в зацеплении, Н 6 – момент сил в зацеплении на шестерне, Нм 7 – момент сил в зацеплении на колесе, Нм 8 – нормальные напряжения в основании зуба шестерни от изгиба и растяжения, Па [4,(14.64)] 9 – нормальные напряжения в основании зуба колеса от изгиба и растяжения, Па [4,(14.64)] 10 – контактные напряжения в зацеплении, Па [4,(14.73)] 11 – допускаемая сила на ползуне по изгибной прочности зуба шестерни, Н 12 – то же, по изгибной прочности зуба колеса, Н 13 – то же, по контактной прочности, Н</p>	<p>Способность элементов перемещаться по любой из координат и занимать в двухмерном пространстве любое взаимно-обусловленное положение Изменение знака и трансформация частоты вращения в соответствии с передаточным числом Трансформация момента в соответствии с передаточным числом и потерями на трение в зацеплении Способность оказывать силовое воздействие на носители элементов зацепления Способность передавать механическую мощность как от шестерни к колесу, так и в обратном направлении</p>

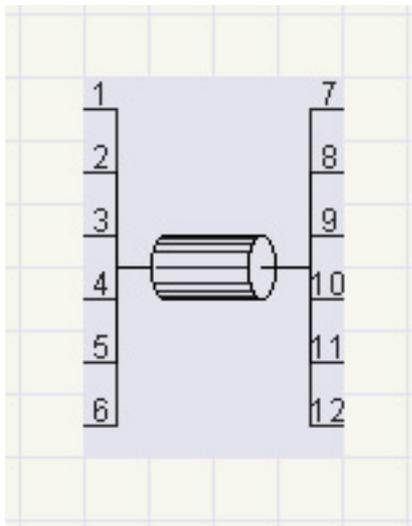
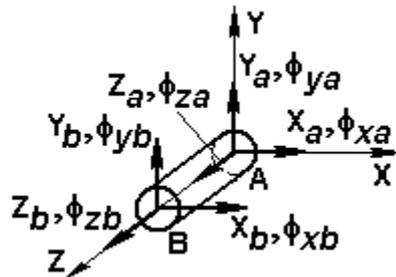
1	2
<p style="text-align: center;">ZACKC Зацепление косозубое цилиндрическое эвольвентное [4]</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения центра шестерни А</p> <p>2 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения центра шестерни</p> <p>3 – полюс, соответствующий осевой координате (z_a) перемещения центра шестерни</p> <p>4 – полюс, соответствующий координате (ϕ_a) углового перемещения шестерни</p> <p>5 – полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения центра колеса В</p> <p>6 – полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения центра колеса</p> <p>7 – полюс, соответствующий осевой координате (z_b) перемещения центра колеса</p> <p>8 – полюс, соответствующий координате (ϕ_b) углового перемещения колеса</p>
<p style="text-align: center;">MSVH Муфта свободного хода</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий координате углового перемещения одного из элементов муфты, например, обоймы</p> <p>2 – полюс, соответствующий координате углового перемещения другого элемента муфты (звездочки)</p>

3	4	5
<p>Z1 – число зубьев шестерни Z2 – число зубьев колеса M – модуль зацепления, м H – ширина зацепления, м BETA – угол наклона (β) винтовой линии зуба шестерни (со знаком “минус” для левого направления винтовой линии) GMN – начальное угловое положение (γ) межосевой линии X1 – коэффициент смещения шестерни X2 – коэффициент смещения колеса KTR – коэффициент трения в зацеплении DLTBN – нормальный к рабочей поверхности зуба боковой зазор в зацеплении, м E1 – модуль упругости 1-го рода материала шестерни, Па E2 – модуль упругости 1-го рода материала колеса, Па M1 – масса шестерни, кг J1 – момент инерции шестерни, кгм² M2 – масса колеса, кг J2 – момент инерции колеса, кгм² PIAG – параметр направления силы тяжести (значение: 1 - при действии силы тяжести, действующей вдоль оси Y, 0 - при действии силы тяжести, действующей перпендикулярно плоскости передачи)</p>	<p>1 – потери энергии в передаче, Дж 2 – входная энергия передачи, Дж 3 – выходная энергия передачи, Дж 4 – нормальная сила в зацеплении, Н 5 – осевая сила в зацеплении, Н 6 – сила трения в зацеплении, Н 7 – момент сил в зацеплении на шестерне, Нм 8 – момент сил в зацеплении на колесе, Нм 9 – нормальные напряжения в основании зуба от изгиба и растяжения, Па [4,(14.64)] 10 – контактные напряжения зуба, Па [4,(14.73)]</p>	<p>Способность элементов перемещаться по любой из координат и занимать в трехмерном пространстве любое взаимно обусловленное положение Изменение знака и трансформация частоты вращения в соответствии с передаточным числом Трансформация момента в соответствии с передаточным числом и потерями на трение в зацеплении Способность оказывать силовое воздействие на носители элементов зацепления Способность передавать механическую мощность как от шестерни к колесу, так и в обратном направлении</p>
<p>N – число тел качения D – внутренний диаметр обоймы, м H – толщина обоймы, м B – ширина обоймы, м ALFA – угол заклинивания, рад PPR – сила пружины ролика, Н KTR – коэффициент трения E – модуль упругости первого рода материала обоймы, Па J1 – момент инерции элемента муфты, соответствующего первому полюсу модели, кгм² J2 – момент инерции элемента муфты, соответствующего второму полюсу модели, кгм²</p>	<p>1 – потери энергии в муфте, Дж 2 – момент сил трения, Нм</p>	<p>Способность передавать момент от ведущего элемента к ведомому в одном направлении. При использовании элемента, соответствующего первому полюсу модели, в качестве ведущего момент при вращении передается в положительном направлении (против часовой стрелки), при использовании элемента, соответствующего второму полюсу модели, в качестве ведущего момент при вращении передается в отрицательном направлении Способность создавать момент сил трения в контакте тел качения с обоймой при холостом ходе</p>

1

FRVL

Однородный участок вала



2

1 – полюс, соответствующий первой перпендикулярной оси вала координате (x_a) перемещения конца участка (A), обращенного к отрицательному направлению оси системы координат, совпадающей с осью вала

2 – полюс, соответствующий второй перпендикулярной оси вала координате (y_a) перемещения того же конца участка

3 – полюс, соответствующий координате (z_a) осевого перемещения того же конца участка

4 – полюс, соответствующий координате (ϕ_{ya}) углового перемещения того же конца участка в плоскости оси и первой координаты

5 – полюс, соответствующий координате (ϕ_{xa}) углового перемещения того же конца участка в плоскости оси и второй координаты

6 – полюс, соответствующий координате (ϕ_{za}) вращательного движения того же конца участка

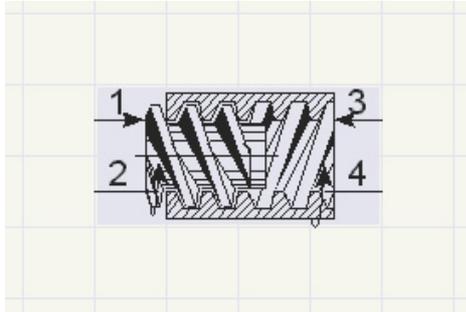
7 – 12 полюса – то же, что и полюса 1 – 6 для другого конца участка, соответственно

3	4	5
<p>D – диаметр участка вала, м</p> <p>L – длина участка вала, м</p> <p>E – модуль упругости первого рода материала участка вала, Па</p> <p>G – модуль упругости второго рода материала участка вала, Па</p> <p>PL – плотность материала участка вала, кг/м²</p> <p>TIAG – параметр направления силы тяжести (0 - при силе тяжести, действующей вдоль оси Z, 1 - при силе тяжести, действующей вдоль оси Y, 2 - при силе тяжести, действующей вдоль оси X)</p> <p>SIGMIN1 – предел выносливости материала вала при изгибе, Па</p> <p>TAUMIN1 – предел выносливости материала вала при кручении, Па</p> <p>PSISIGM – коэффициент учета асимметрии цикла при изгибе</p> <p>PSITAU – коэффициент учета асимметрии цикла при кручении</p> <p>KSIGMD – коэффициент $(k_{\sigma})_D$ [5]</p> <p>KTAUD – коэффициент $(k_{\tau})_D$ [5]</p> <p>T – время начала вычисления ресурсных параметров, с</p> <p>PN – номинальная сила кривошипного пресса, Н*</p> <p>N – заданный коэффициент запаса прочности коленчатого вала кривошипного пресса [5, (3.73)]*</p> <p>KD – коэффициент долговечности [5, (3.73)]*</p> <p>* необязательные параметры; используются при расчетах прочности и определении допускаемых сил на ползуне кривошипного пресса по прочности кривошипного вала</p>	<p>1 – полная радиальная сила в сечении участка вала, соответствующем первым шести полюсам, Н</p> <p>2 – направление полной радиальной силы в том же сечении участка вала, рад</p> <p>3 – полный изгибающий момент в том же сечении участка вала, Нм</p> <p>4 – угловое положение плоскости действия полного изгибающего момента в том же сечении участка вала, рад</p> <p>5 – эквивалентные напряжения в том же сечении участка вала, Па</p> <p>6 – запас прочности по эквивалентным напряжениям, определяемым при нестационарной нагрузке на валу в сечении участка вала, соответствующем первым шести полюсам</p> <p>7 – полная радиальная сила в сечении участка вала, соответствующем последним шести полюсам, Н</p> <p>8 – направление полной радиальной силы в том же сечении участка вала, рад</p> <p>9 – полный изгибающий момент в том же сечении участка вала, Нм</p> <p>10 – угловое положение плоскости действия полного изгибающего момента в том же сечении участка вала, рад</p> <p>11 – эквивалентные напряжения в том же сечении участка вала, Па</p> <p>12 – запас прочности по эквивалентным напряжениям, определяемым при нестационарной нагрузке на валу в сечении участка вала, соответствующем последним шести полюсам</p> <p>13 – допускаемая сила на ползуне по прочности вала в точке сечения участка вала, соответствующего первым шести полюсам, с углом координации 0°</p> <p>14 – тоже, с углом координации 15°</p> <p>15 – тоже, с углом координации 30°</p> <p>16 – тоже, с углом координации 45°</p> <p>17 – тоже, с углом координации 60°</p> <p>18 – тоже, с углом координации 75°</p> <p>19 – тоже, с углом координации 90°</p> <p>20-26 – то же, что и 13-19, для сечения участка вала, соответствующего последним шести полюсам</p>	<p>Способность к перемещению за счет деформаций по каждой из координат</p> <p>Способность вращаться вокруг собственной оси и передавать вращающий момент</p>

1

VNTPR

Винтовая пара



2

1 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения винта

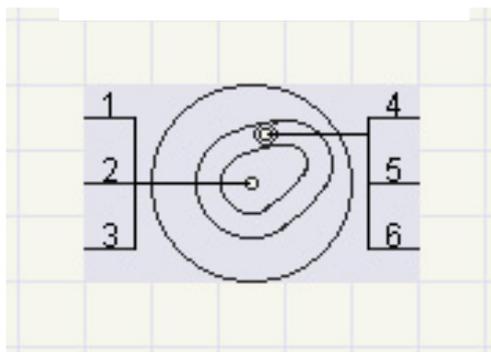
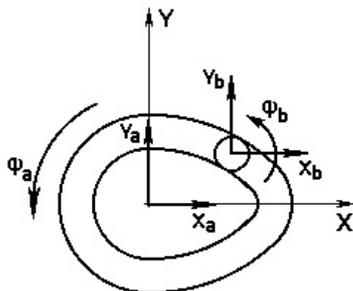
2 – полюс, соответствующий координате углового перемещения винта

3 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения гайки

4 – полюс, соответствующий координате углового перемещения гайки

KULMD

Кулачковый механизм с двухсторонним ограничением положения ролика кулачком



1 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения кулачка

2 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения кулачка

3 - полюс, соответствующий координате другого элемента (ϕ_a) углового перемещения кулачка

4 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения ролика

5 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения ролика

6 - полюс, соответствующий координате (ϕ_b) углового перемещения ролика

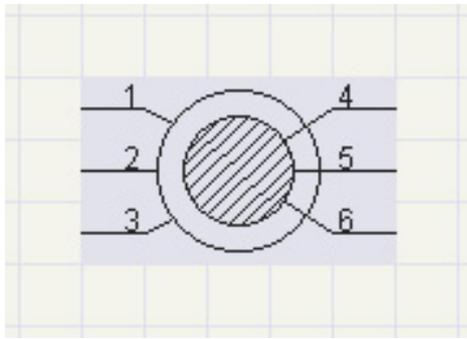
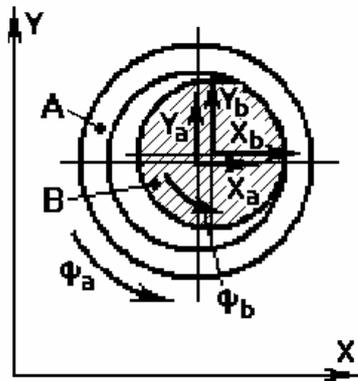
3	4	5
<p>D – средний диаметр винтовой пары, м H – ход винта (со знаком “–” для пары с левым направлением нарезки), м BETA1 – угол наклона образующей сопряжения рабочих поверхностей, обращенного к выбранному положительному направлению координатной оси BETA2 – угол наклона образующей сопряжения рабочих поверхностей, обращенного отрицательному направлению координатной оси DLTN1 – зазор в сопряжении рабочих поверхностей пары, обращенном к положительному направлению координатной оси, м DLTN2 – зазор в сопряжении рабочих поверхностей пары, обращенном к отрицательному направлению координатной оси, м KTR – коэффициент трения M1 – масса винта, кг J1 – момент инерции винта, кгм² M2 – масса гайки, кг J2 – момент инерции гайки, кгм² KN – контактная жесткость передачи, Н/м (при отсутствии необходимости учета можно назначать равной 1.e9...1.e12) TIAG - параметр направления силы тяжести (значение: 1 – при силе тяжести, действующей вдоль оси винтовой пары, 0 - при силе тяжести, действующей перпендикулярно оси винтовой пары)</p>	<p>1 – потери энергии в винтовой паре, Дж 2 – энергия осевого перемещения первого элемента, Дж 3 – энергия углового перемещения первого элемента, Дж 4 – энергия осевого перемещения второго элемента, Дж 5 – энергия углового перемещения второго элемента, Дж 6 – нормальная сила на рабочих поверхностях пары, Н 7 – сила трения на рабочих поверхностях пары, Н 8 – скорость скольжения рабочих поверхностей пары, м/с 9 – изменение зазора в паре, м</p>	<p>Способность преобразовать вращательное перемещение элементов в поступательное и обратно с учетом сил трения, воспроизводить режим самоторможения</p>
<p>Fi1,R1 – Fi10,R10 – координаты точек профиля кулачка: Fi – угловая координата, град; Ri – соответствующее значение радиуса-вектора, м (i – порядковый номер точки профиля). При наличии радиусных участков первая и последняя задаваемые точки должны принадлежать одному из радиусных участков FiT – начальное угловое положение первой задаваемой точки профиля, град FiC – начальное угловое положение центра ролика, град D – диаметр ролика, м B – ширина ролика, м KTR – коэффициент трения между роликом и кулачком EK – модуль упругости первого рода материала кулачка, Па ER – модуль упругости первого рода материала кулачка, Па MK – масса кулачка, кг JK – момент инерции кулачка, кгм² MR – масса кулачка, кг JR – момент инерции кулачка, кгм² TIAG – параметр направления силы тяжести (значение: 1 – при силе тяжести, действующей в плоскости механизма, 0 - при силе тяжести, действующей перпендикулярно плоскости механизма)</p>	<p>1 – потери энергии в кулачковом механизме, Дж 2 – входная энергия механизма, Дж 3 – выходная энергия механизма, Дж 4 – сила в контакте ролика и кулачка, Н 5 – напряжения контакта ролика и кулачка, Па 6 – угол давления, град 7 – скорость качения ролика по кулачку, м/с</p>	<p>Способность воспроизводить перемещение ролика по траектории, определяемой его направляющей системой и профилем кулачка</p>

1

2

SHARN2

Шарнир (подшипник радиальный) в двухмерном пространстве



1 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения внешнего элемента шарнира

2 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения того же элемента шарнира

3 - полюс, соответствующий координате другого элемента (ϕ_a) углового перемещения того же элемента шарнира

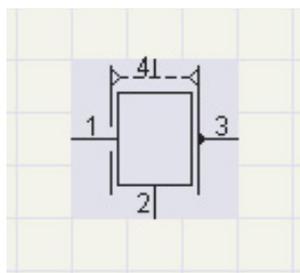
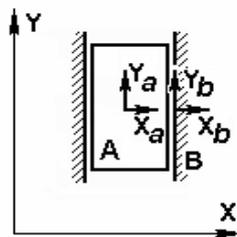
4 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения внутреннего элемента шарнира

5 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения того же элемента шарнира

6 - полюс, соответствующий координате (ϕ_b) углового перемещения того же элемента шарнира

NPR

Двухсторонние направляющие в двухмерном пространстве



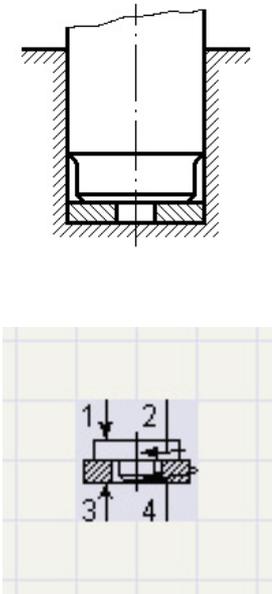
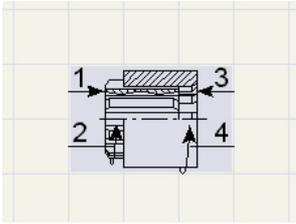
1 - полюс, соответствующий координате (x_a) перемещения направляемого элемента A по нормали к направляющему элементу B в положительном направлении координатной оси

2 - полюс, соответствующий координате (y_a) перемещения направляемого элемента A вдоль направляющих в положительном направлении координатной оси

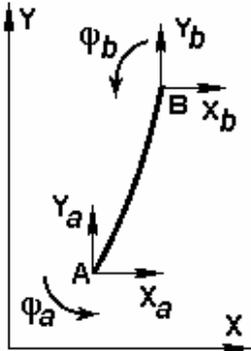
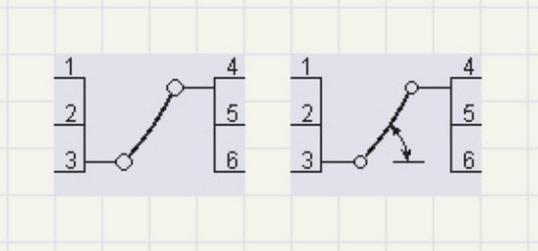
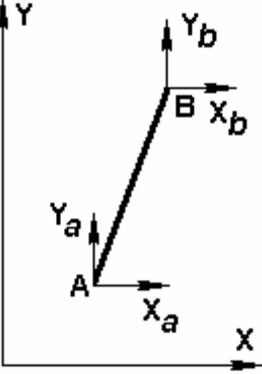
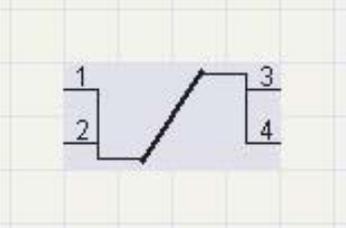
3 - полюс, соответствующий координате (x_b) перемещения направляющего элемента B по нормали к определяемому им движению направляемого элемента в положительном направлении координатной оси

4 - полюс, соответствующий координате (y_b) перемещения направляющего элемента B вдоль определяемого им движения направляемого элемента в положительном направлении координатной оси

3	4	5
<p>D – диаметр шарнира, м B – ширина шарнира, м Z – диаметральный зазор в шарнире, м KTR – коэффициент трения E1 – модуль упругости 1-го рода материала внешнего элемента шарнира, Па E2 – модуль упругости 1-го рода материала внутреннего элемента шарнира, Па M1 – масса внешнего элемента шарнира, кг J1 – момент инерции внешнего элемента шарнира, кгм² M2 – масса внутреннего элемента шарнира, кг J2 – момент инерции внутреннего элемента шарнира, кгм² TIAG – параметр направления силы тяжести (значение: 1 - при силе тяжести, действующей и вдоль оси Y, 0 - при силе тяжести, действующей перпендикулярно плоскости шарнира) T – время начала вычисления ресурсных параметров, с* C – динамическая грузоподъемность подшипника качения, Н* V – коэффициент вращения [4,(23.21)]* KT – температурный коэффициент [4,(23.21)]*</p> <p>* необязательные параметры; используются при определении ресурсных параметров подшипников качения</p>	<p>1 – потери энергии в шарнире, Дж 2 – полная радиальная сила контактного взаимодействия, приложенная к внешнему элементу со стороны внутреннего, Н 3 – направление полной радиальной силы контактного взаимодействия, приложенной к внешнему элементу со стороны внутреннего, рад 4 – момент сил трения, приложенный к внешнему элементу со стороны внутреннего, Нм 5 – радиальное смещение внутреннего элемента относительно внешнего, м 6 – удельная нагрузка (для подшипников скольжения), Па [4,(22.6)] 7 – показатель $p_m v$ (для подшипников скольжения) Па*м/с [4,(22.5)] 8 – скорость скольжения (для подшипников скольжения), м/с 9 – расчетная динамическая грузоподъемность для шарикоподшипников, Н 10 – расчетная долговечность для шарикоподшипников, час. 11,12 – то же, что и 9,10 – для роликоподшипников, соответственно</p>	<p>Способность элементов перемещаться по любой из координат и занимать в двухмерном пространстве любое взаимно-обусловленное положение Способность создавать радиальную силу взаимодействия элементов шарнира (подшипника) Способность создавать момент сил трения между элементами в соответствии с направлением относительного вращения элементов и значениями введенных параметров</p>
<p>DLT1N – зазор в направляющих со стороны отрицательного направления соответствующей оси системы координат, м DLT2N – зазор в направляющих со стороны положительного направления той же оси системы координат, м KTR – коэффициент трения M1 – масса направляемого элемента, кг M2 – масса направляющего элемента, кг KN – поперечная жесткость направляющих, Н/м (при отсутствии необходимости учета можно назначать равной 1.e9...1.e11) TIAG - параметр направления силы тяжести (значение: +1 – при силе тяжести, действующей вдоль направляющих в положительном направлении оси системы координат, 0 - при силе тяжести, действующей перпендикулярно направляющим, -1 – то же - в отрицательном направлении оси системы координат)</p>	<p>1 – потери энергии в направляющих, Дж 2 – нормальная сила, приложенная к направляющему элементу, Н 3 – сила трения, приложенная к направляемому элементу, Н 4 – поперечное перемещение направляемого элемента относительно направляющего, м</p>	<p>Способность создавать нормальную силу взаимодействия элементов направляющих Способность создавать силу трения между элементами в соответствии с направлением относительного перемещения элементов Способность относительного перемещения в поперечном направлении за счет зазоров и упругости направляющих</p>

1	2
<p style="text-align: center;">PDU Подшипник упорный</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения цапфы</p> <p>2 – полюс, соответствующий координате углового перемещения цапфы</p> <p>3 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения корпуса</p> <p>4 – полюс, соответствующий координате углового перемещения корпуса</p>
<p style="text-align: center;">SHLITC Шлицевое соединение</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения внутреннего элемента соединения</p> <p>2 – полюс, соответствующий координате углового перемещения внутреннего элемента соединения</p> <p>3 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения внешнего элемента соединения</p> <p>4 – полюс, соответствующий координате углового перемещения внешнего элемента соединения</p>

3	4	5
<p>DN – наружный диаметр опорной поверхности, м DV – внутренний диаметр опорной поверхности, м DLT – начальный осевой зазор, м KTR – коэффициент трения M1 – масса цапфы, кг J1 – момент инерции цапфы, кгм² M2 – масса корпуса, кг J2 – момент инерции корпуса, кгм² KN – осевая жесткость подшипника (при отсутствии необходимости учета можно назначать равной 1.e11...1.e13), Н/м TIAG - параметр направления силы тяжести (значение: +1 – при силе тяжести, действующей вдоль оси соединения в отрицательном направлении оси системы координат, 0 – то же - перпендикулярно оси, -1 – то же - вдоль оси соединения в положительном направлении оси системы координат) T – время начала вычисления ресурсных параметров, с* C – динамическая грузоподъемность подшипника качения, Н* KT – температурный коэффициент [4,(23.21)]*</p> <p>* необязательные параметры; используются при определении ресурсных параметров подшипников качения</p>	<p>1 – потери энергии в подшипнике, Дж 2 – осевая сила, приложенная к цапфе, Н 3 – момент сил трения, приложенный к цапфе, Нм 4 – удельная нагрузка (для подшипников скольжения), Па [4,22.4] 5 – показатель $p_m v$ (для подшипников скольжения), Па*м/с [4,22.4] 6 – скорость скольжения (для подшипников скольжения), м/с 7 – расчетная динамическая грузоподъемность для шарикоподшипников, Н 8 – расчетная долговечность для шарикоподшипников, час. 9,10 – то же, что и 7,8 – для роликоподшипников, соответственно</p>	<p>Способность создавать контактную силу в подшипнике Способность создавать момент сил трения</p>
<p>D – диаметр шлицевого соединения, м DLT – боковой зазор в шлицевом соединении, м KTR – коэффициент трения M1 – масса внутреннего элемента, кг J1 – момент инерции внутреннего элемента, кгм² M2 – масса внешнего элемента, кг J2 – момент инерции внешнего элемента, кгм² KN – жесткость бокового контакта шлицев (при отсутствии необходимости учета можно назначать равной 1.e9...1.e11) TIAG - параметр направления силы тяжести (значение: +1 – при силе тяжести, действующей вдоль оси соединения в отрицательном направлении оси системы координат, 0 - при силе тяжести, действующей перпендикулярно оси, -1 – при силе тяжести, действующей вдоль оси соединения в положительном направлении оси системы координат)</p>	<p>1 – потери энергии в соединении, Дж 2 – нормальная сила в шлицах, Н 3 – сила трения, в соединении, Н 4 – угловое перемещение первого элемента относительно второго, рад</p>	<p>Способность создавать нормальную силу взаимодействия в шлицевом соединении Способность создавать силу трения между элементами в соответствии с направлением относительного осевого перемещения элементов и значениями введенных параметров внешнего Способность относительного перемещения в окружном направлении за счет наличия зазоров и упругости направляющих Способность относительного перемещения в осевом направлении с преодолением сил трения</p>

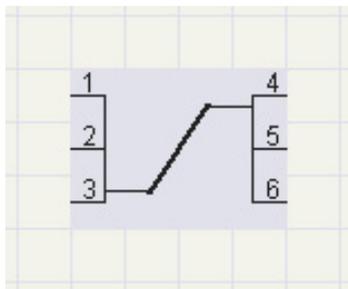
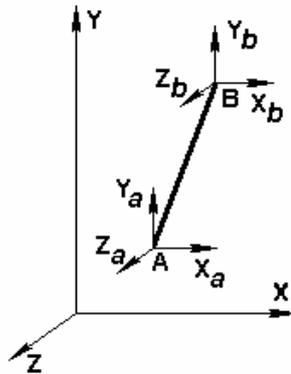
1	2
<p style="text-align: center;">BALKA2, BALKALU2 Сжимаемый (растяжимый) и изгибаемый стержневой элемент в двумерном пространстве</p>  	<p>1 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения одного из концов элемента, например А (в дальнейшем – первый конец)</p> <p>2 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения первого конца элемента</p> <p>3 - полюс, соответствующий координате (φ_a) углового перемещения первого конца элемента</p> <p>4 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения другого конца В элемента (в дальнейшем – второй конец)</p> <p>5 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения второго конца элемента</p> <p>6 - полюс, соответствующий координате (φ_b) углового перемещения второго конца элемента</p>
<p style="text-align: center;">STRGN2 Сжимаемый (растяжимый) стержневой элемент в декартовом двумерном пространстве</p>  	<p>1 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_a) перемещения одного из концов элемента, например А (в дальнейшем – первый конец)</p> <p>2 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения первого конца элемента</p> <p>3 - полюс, соответствующий горизонтальной координате (x_b) перемещения другого конца В элемента (в дальнейшем – второй конец)</p> <p>4 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения второго конца элемента</p>

3	4	5
<p>DLTX0 – проекция вектора АВ (с учетом знака), начало которого соответствует первому концу элемента, конец – второму концу элемента, на горизонтальную ось системы координат в исходном положении элемента, м (для модели BALKА2), L0 – длина элемента, м (для модели BALKALU2)</p> <p>DLTY0 – проекция того же вектора АВ (с учетом знака) на другую ось системы координат в исходном положении элемента, м (для модели BALKА2), ALFA0 – угловое положение элемента, отсчитываемое от горизонтальной оси против часовой стрелки в исходном положении элемента (для модели BALKALU2)</p> <p>F – площадь поперечного сечения элемента, м²</p> <p>JX – момент инерции сечения элемента при изгибе в плоскости его движения, м⁴</p> <p>E – модуль упругости первого рода материала элемента, Па</p> <p>M – масса элемента, кг</p> <p>J – момент инерции элемента при вращении вокруг центра масс, кгм²</p> <p>LC – относительное расстояние центра масс элемента от его первого конца</p> <p>TIAG – параметр направления силы тяжести (значение: 1 – при возможности движения элемента в вертикальной плоскости, 0 – при возможности движения элемента в горизонтальной плоскости)</p>	<p>1 – сила растяжения (сжатия), Н</p> <p>2 – изгибающий момент на первом конце элемента, Нм</p> <p>3 – изгибающий момент на втором конце элемента, Нм</p> <p>4 – угловое положение элемента, рад</p> <p>5 – угол поворота второго конца элемента относительно первого конца, рад</p>	<p>Способность упруго деформироваться путем растяжения (сжатия) и изгиба</p> <p>Способность перемещаться и занимать любое положение в двухмерном пространстве, определяемое линейными и угловыми координатами концов элемента</p>
<p>DLTX0 – проекция вектора АВ (с учетом знака), начало которого соответствует первому концу элемента, конец – второму концу элемента, на горизонтальную ось системы координат в исходном его положении, м</p> <p>DLTY0 – проекция того же вектора АВ (с учетом знака) на вертикальную ось системы координат в исходном положении элемента, м</p> <p>F – площадь поперечного сечения элемента, м²</p> <p>E – модуль упругости 1-го рода материала элемента, Па</p> <p>M – масса элемента, кг</p> <p>LC – относительное расстояние центра масс элемента от его первого конца</p> <p>TIAG – параметр направления силы тяжести (значение: 1 – при возможности движения элемента в вертикальной плоскости, 0 – при возможности движения элемента в горизонтальной плоскости)</p>	<p>1 – сила растяжения (сжатия), Н</p> <p>2 – напряжения (для стержневого элемента постоянного сечения), Па</p> <p>3 – угловое положение элемента, рад</p>	<p>Способность упруго деформироваться путем растяжения (сжатия)</p> <p>Способность перемещаться и занимать любое положение в двухмерном пространстве, определяемое координатами концов элемента</p>

1

STRGN3

Сжимаемый (растяжимый) стержневой элемент в декартовом трехмерном пространстве



2

1 - полюс, соответствующий первой горизонтальной координате (x_a) перемещения одного из концов элемента, например А (в дальнейшем – первый конец)

2 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_a) перемещения первого конца элемента

3 - полюс, соответствующий второй горизонтальной координате (z_a) перемещения первого конца элемента

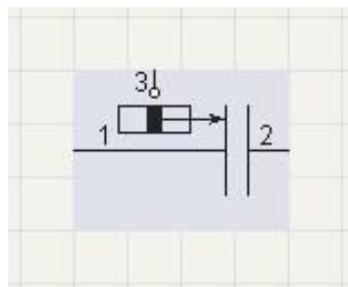
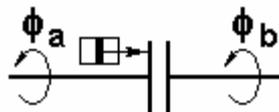
4 - полюс, соответствующий первой горизонтальной координате (x_b) перемещения другого конца В элемента (в дальнейшем – второй конец)

5 - полюс, соответствующий вертикальной координате (y_b) перемещения второго конца элемента

6 - полюс, соответствующий вертикальной координате (z_b) перемещения второго конца элемента

MUFTA

Муфта включения дисковая фрикционная с пневмоприводом, управляемым от логического сигнала

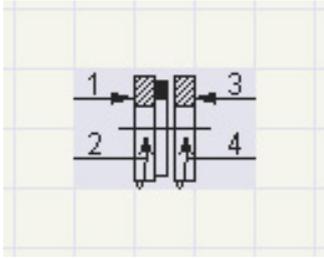
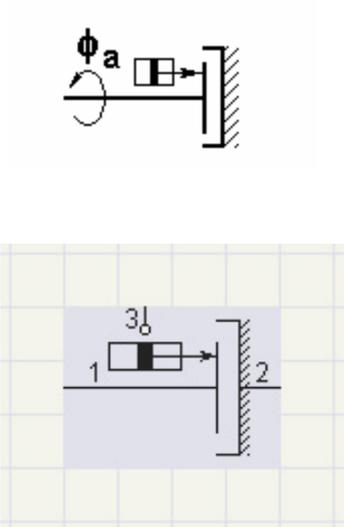


1 – полюс, соответствующий ведущему элементу муфты (ϕ_a)

2 – полюс, соответствующий ведомому элементу муфты (ϕ_b)

3 – полюс для подключения модели к моделям системы управления (муфта включается при подаче на полюс сигнала в виде фазовой переменной типа потенциала, равной единице и выключается при снятии его)

3	4	5
<p>DLTX0 – проекция вектора АВ (с учетом знака), начало которого соответствует первому концу элемента, конец – второму концу элемента, на первую (X) горизонтальную ось системы координат в исходном его положении, м</p> <p>DLTY0 – проекция того же вектора АВ (с учетом знака) на вертикальную ось системы координат (Y) в исходном положении элемента, м</p> <p>DLTZ0 - проекция того же вектора АВ (с учетом знака) на вторую горизонтальную ось системы координат (Z) в исходном положении элемента, м</p> <p>F - площадь поперечного сечения элемента, м²</p> <p>E - модуль упругости первого рода материала элемента, Па</p> <p>M - масса элемента</p> <p>LC – относительное расстояние центра масс элемента от его первого конца</p> <p>TIAG – параметр направления силы тяжести (значение: 0 - при силе тяжести, действующей вдоль оси X, 1 - при силе тяжести, действующей вдоль оси Y, 2 - при силе тяжести, действующей вдоль оси Z)</p>	<p>1 – сила сжатия (растяжения), Н</p> <p>2 – напряжения (для стержневого элемента постоянного сечения), Па</p> <p>3 – направляющий косинус вектора АВ относительно оси X</p> <p>4 – направляющий косинус вектора АВ относительно оси Y</p> <p>5 – направляющий косинус вектора АВ относительно оси Z</p>	<p>Способность упруго деформироваться путем сжатия (растяжения)</p> <p>Способность перемещаться и занимать любое положение в трехмерном пространстве, определяемое координатами концов элемента</p>
<p>MMAX - максимальный момент, передаваемый муфтой, Нм</p> <p>TNAR - продолжительность нарастания момента, от нулевого до максимального, который способна создавать муфта, с</p> <p>ZNAR - показатель степени, определяющий закон нарастания момента (0,35...0,55) [6]</p> <p>TSP - продолжительность уменьшения момента от максимального, который способна создавать муфта, до нулевого, с</p> <p>ZSP - показатель степени, определяющий закон уменьшения момента (0,85...0,95) [6]</p> <p>J1 - момент инерции ведущих частей муфты, кгм²</p> <p>J2 - момент инерции ведомых частей муфты, кгм²</p> <p>K - крутильная жесткость муфты, Нм (при отсутствии необходимости учета можно принимать равной 1.e8...1.e10)</p>	<p>1 – потери энергии в муфте, Дж</p> <p>2 – текущее значение максимального момента трения в муфте, Нм</p> <p>3 – момент трения, Нм.</p>	<p>Способность передавать крутящий момент, не превышающий текущего значения максимального момента трения</p> <p>Способность воспринимать проскальзывание ведущих и ведомых частей муфты относительно друг друга при превышении крутящим моментом его максимально возможного значения</p>

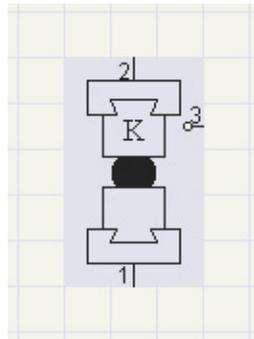
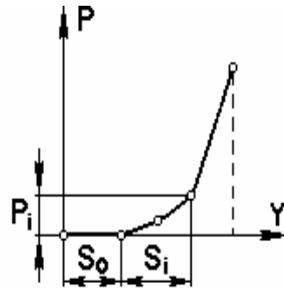
1	2
<p style="text-align: center;">FRMT</p> <p style="text-align: center;">Фрикционная пара муфты (тормоза)</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения первого элемента пары</p> <p>2 – полюс, соответствующий координате углового перемещения первого элемента пары</p> <p>3 – полюс, соответствующий координате осевого перемещения второго элемента пары</p> <p>4 – полюс, соответствующий координате углового перемещения второго элемента пары</p>
<p style="text-align: center;">TORMOZ</p> <p style="text-align: center;">Тормоз дисковый фрикционный с пневмоприводом, управляемый от логического сигнала</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий затормаживаемому элементу тормоза (ϕ_a)</p> <p>2 – полюс, соответствующий затормаживающему элементу тормоза (ϕ_b, обычно “заземляется”)</p> <p>3 – полюс для подключения модели к моделям цепей управления (тормоз выключается при подаче на полюс сигнала в виде фазовой переменной типа потенциала, равной единице и включается при снятии его)</p>

3	4	5
<p>R – действующее значение радиуса фрикционной пары, м</p> <p>DLT – начальный зазор между элементами, м</p> <p>KTR – коэффициент трения</p> <p>M1 – масса первого элемента, кг</p> <p>J1 – момент инерции первого элемента, кгм²</p> <p>M2 – масса второго элемента, кг</p> <p>J2 – момент инерции второго элемента, кгм²</p> <p>KN – осевая жесткость контакта элементов, Н/м</p> <p>G – коэффициент диссипации фрикционного материала, Нс/м</p> <p>TIAG - параметр направления силы тяжести (значение: +1 – при силе тяжести, действующей вдоль оси соединения в отрицательном направлении оси системы координат, 0 - при силе тяжести, действующей перпендикулярно оси, -1 – при силе тяжести, действующей вдоль оси соединения в положительном направлении оси системы координат)</p>	<p>1 – потери энергии в паре, Дж</p> <p>2 – входная энергия фрикционной пары, Нм</p> <p>3 – выходная энергия фрикционной пары, Нм</p> <p>4 – осевая сила в контакте элементов фрикционной пары, Н</p> <p>5 – момент сил трения фрикционной пары, Нм</p>	<p>Способность создавать контактную силу в паре</p> <p>Способность передавать крутящий момент, определяемый контактной силой пары</p> <p>Способность воспринимать проскальзывание элементов пары относительно друг друга при превышении крутящим моментом его максимально возможного значения</p>
<p>MMAX - максимальный момент, создаваемый тормозом, Нм</p> <p>TSP - продолжительность уменьшения момента от максимального, который способен создавать тормоз, до нулевого, с</p> <p>ZSP - показатель степени, определяющий закон уменьшения момента (0,85...0,95) [6]</p> <p>TNAR – продолжительность нарастания момента, от нулевого до максимального, который способен создавать тормоз, с</p> <p>ZNAR - показатель степени, определяющий закон нарастания момента (0,35...0,55) [6]</p> <p>J1 - момент инерции затормаживаемого элемента тормоза, кгм²</p> <p>J2 - момент инерции затормаживающего элемента тормоза, кгм²</p> <p>K - крутильная жесткость тормоза, Нм (при отсутствии необходимости учета можно принимать равной 1.e8...1.e10)</p>	<p>1 – потери энергии в тормозе, Дж</p> <p>2 – текущее значение максимального момента трения в тормозе, Нм</p> <p>3 – момент трения, Нм.</p>	<p>Способность создавать крутящий момент торможения, не превышающий текущего значения максимального момента трения</p> <p>Способность воспринимать проскальзывание элементов тормоза относительно друг друга при превышении крутящим моментом его максимально возможного значения</p>

1

TNGK

Технологическая нагрузка однопереходной штамповки на кривошипном прессе



2

1 – полюс, соответствующий деформирующему инструменту, например, закрепленному на столе вертикального прессы, имеющему перемещение в положительном направлении при рабочем ходе относительно другого инструмента

2 – полюс, соответствующий другому деформирующему инструменту

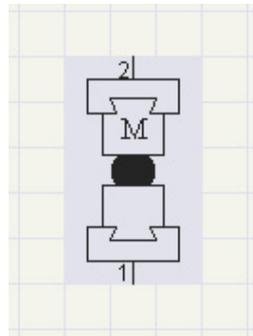
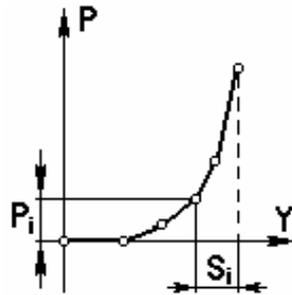
3 – полюс, соединяемый с полюсом вращательной координаты модели кривошипа кривошипного прессы. При соединении полюса с полюсом модели вращательной координаты кривошипа прессы нагрузка прикладывается при ходе прессы, определяемом параметром N ; при соединении с базовым узлом – при первом ходе прессы

3	4	5
<p>N – порядковый номер хода пресса, на котором прикладывается технологическая нагрузка, при нулевом значении технологическая нагрузка прикладывается на каждом ходе пресса</p> <p>K – жесткость системы “штамп-заготовка”</p> <p>S0 – ход приближения деформирующего инструмента (S₀)</p> <p>S₁,P₁ – S₁₀,P₁₀ – координаты точек графика технологической нагрузки: S_i – перемещение деформирующего инструмента, отсчитываемое от положения, при котором возникает технологическая сила, P_i – соответствующее значение технологической силы (i – порядковый номер точки графика)</p>	<p>1 – энергия деформирования, Дж</p> <p>2 – сила деформирования, Н</p> <p>3 - перемещение ползуна, м</p> <p>4 – изменение высоты заготовки при деформировании (может использоваться для оценки влияния силы деформирования на высоту поковки), м</p>	<p>Способность создавать технологическую силу в соответствии с заданным графиком технологической нагрузки и текущим значением перемещения инструмента при его непрерывном перемещении к заготовке</p> <p>Способность создавать технологическую силу, уменьшающуюся от достигнутого значения до нуля при движении инструмента от заготовки, в соответствии с перемещением инструмента и жесткостью системы “штамп-заготовка”</p> <p>При возобновлении движения инструмента к заготовке - создание силы, соответствующей силе при обратном движении инструмента для каждого из его положений; после достижения инструментом положения, соответствующего началу его движения в обратном направлении, создается сила в соответствии с графиком технологической нагрузки</p> <p>При выходе перемещения деформирующего инструмента за пределы последнего участка графика он продолжает последний участок, при этом после уменьшения силы до нуля график продолжается участком с силой равной нулю</p>

1

TNGM

Технологическая нагрузка штамповки на молоте

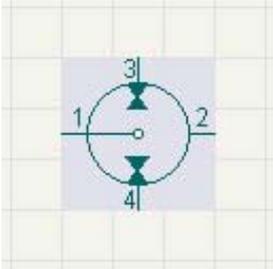
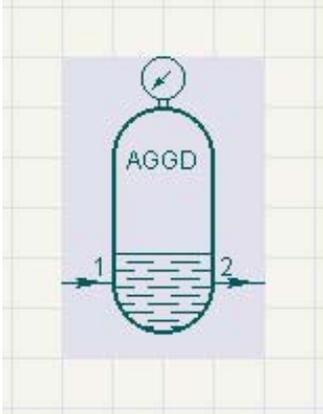
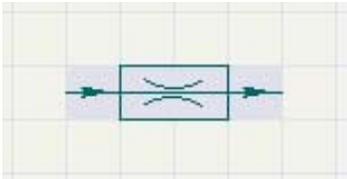


2

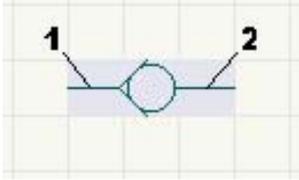
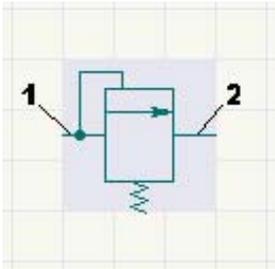
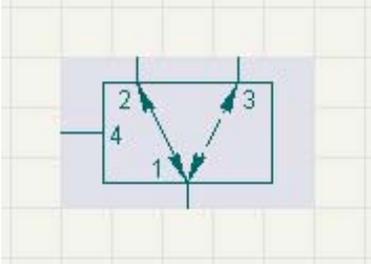
1 – полюс, соответствующий деформирующему инструменту, например, закрепленному на шаботе молота, имеющему перемещение в положительном направлении при рабочем ходе относительно другого инструмента

2 – полюс, соответствующий другому деформирующему инструменту

3	4	5
<p>N – порядковый номер удара молота, на котором прикладывается технологическая нагрузка</p> <p>K – жесткость системы “инструмент-заготовка”</p> <p>S₀ – ход приближения деформирующего инструмента (S₀)</p> <p>S₁,P₁ – S₅,P₅ – координаты точек графика технологической нагрузки: S_i – высота деформируемой заготовки, P_i – соответствующее значение технологической силы (i – порядковый номер точки графика). Модель TNGM предполагает, что в исходном положении баба молота находится в нижнем положении</p>	<p>1 – энергия деформирования, Дж</p> <p>2 – сила деформирования, Н</p> <p>3 - перемещение инструмента, соответствующего второму полюсу, м</p> <p>4 – порядковый номер удара</p>	<p>Способность создавать технологическую силу в соответствии с заданным графиком технологической нагрузки и текущим значением перемещения инструмента при его непрерывном перемещении к заготовке</p> <p>Способность создавать технологическую силу, уменьшающуюся от достигнутого значения до нуля при движении инструмента от заготовки, в соответствии с перемещением инструмента и жесткостью системы “штамп-заготовка”</p> <p>При возобновлении движения инструмента к заготовке - создание силы, соответствующей силе при обратном движении инструмента для каждого из его положений; после достижения инструментом положения, соответствующего началу его движения в обратном направлении, создается сила в соответствии с графиком технологической нагрузки</p> <p>При выходе перемещения деформирующего инструмента за пределы последнего участка графика он продолжает последний участок</p>

1	2
<p style="text-align: center;">OGM Обращаемая гидравлическая машина (насос/гидромотор)</p> 	<p style="text-align: center;">Элементы гидрав (Давление - избыточное)</p> <p>1 – полюс, соответствующий валу машины 2 – полюс, соответствующий корпусу машины 3 – полюс, соответствующий присоединению к напорной магистрали гидросистемы 4 – полюс, соответствующий присоединению к магистрали всасывания гидросистемы</p>
<p style="text-align: center;">AGGD Аккумулятор газогидравлический</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий входу аккумулятора 2 – полюс, соответствующий выходу аккумулятора</p>
<p style="text-align: center;">SMGD Сопротивление местное гидравлическое</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий входу сопротивления при течении жидкости в прямом направлении 2 – полюс, соответствующий выходу сопротивления</p>

3	4	5
<p>лических систем в мегапаскалях)</p> <p>PN – номинальное давление, МПа QN – номинальная производительность (расход), м³/с WN – номинальная частота вращения, 1/с KPD MN – механический КПД в номинальном режиме KPD VN – объемный КПД в номинальном режиме JR – момент инерции ротора машины, кгм² JK – момент инерции корпуса машины, кгм² (может быть принят равным нулю при неподвижности)</p>	<p>1 – потери энергии в машине, Дж 2 – энергия на валу машины, Дж 3 – энергия на гидравлическом выходе машины, Дж 4 – КПД машины (текущее значение)</p>	<p>Способность преобразования механической энергии в гидравлическую и обратно с воспроизведением потерь энергии в соответствии с введенными параметрами Возможность разрыва струи жидкости на входе и (или) выходе при понижении абсолютного давления ниже нуля</p>
<p>DU1 – диаметр входной магистрали, м DU2 – диаметр выходной магистрали, м P0 – начальное давление газа, МПа V0 – начальный объем газа, м³ VM – маневровый объем, м³ RQ – плотность рабочей жидкости, кг/м³ K – показатель адиабаты рабочего газа SP – площадь наружной поверхности газовой части аккумулятора, м² DLTST – толщина стенки газовой части аккумулятора, м CST – удельная теплоемкость материала стенки газовой части аккумулятора, Дж/кг⁰С LMBDST – удельная теплопроводность материала стенки газовой части аккумулятора, Дж/мс⁰С KST – удельная теплоотдача поверхности стенки газовой части аккумулятора, Дж/м²с⁰С ROST – плотность материала стенки газовой части аккумулятора, кг/м³ TSR – температура внешней среды, ⁰С</p>	<p>1 – разность входной и выходной энергии аккумулятора, Дж 2 – входная энергия аккумулятора, Дж 3 – выходная энергия аккумулятора, Дж 4 – тепловые потери энергии через стенку газовой части аккумулятора, Дж 5 – давление в аккумуляторе, Па 6 – температура газа в аккумуляторе, ⁰С 7 – показатель политропы 8 – скорость жидкости на входе, м/с 9 – скорость жидкости на выходе, м/с 10 – температура наружной поверхности стенки газовой части аккумулятора, ⁰С 11 – объем газа в аккумуляторе</p>	<p>Воспроизведение процессов, связанных с накоплением энергии сжатого газа и расходом ее, при протекании термодинамических процессов сжатия и расширения газа общего вида, учете потерь энергии на гидравлических входах (выходах), учете потерь тепловой энергии через стенки аккумулятора Отключение входной магистрали от аккумулятора при уменьшении объема газа до допустимого значения Отключение выходной магистрали от аккумулятора при увеличении объема газа до допустимого значения Возможность разрыва струи жидкости на входе и (или) выходе при понижении абсолютного давления ниже нуля</p>
<p>DU – диаметр условного прохода, м MIU1 – коэффициент расхода в прямом направлении MIU2 – коэффициент расхода в обратном направлении RQ – плотность рабочей жидкости, кг/м³</p>	<p>1 – потери энергии в сопротивлении, Дж 2 – энергия на входе сопротивления, Дж 3 – энергия на выходе сопротивления, Дж 4 – скорость жидкости в сопротивлении, м/с</p>	<p>Возможность течения жидкости в прямом и обратном направлениях Падение давления на сопротивлении Возможность разрыва струи жидкости на входе и (или) выходе при понижении абсолютного давления ниже нуля</p>

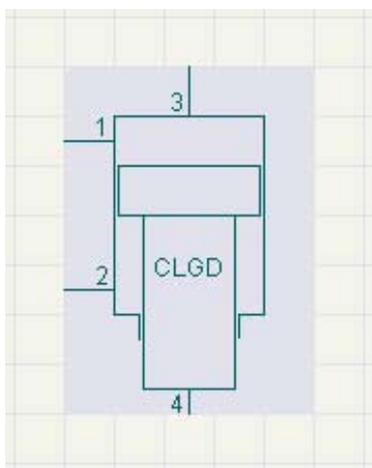
1	2
<p style="text-align: center;">KLOBGD Клапан обратный гидравлический</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий входу клапана при течении жидкости в прямом направлении 2 – полюс, соответствующий выходу клапана</p>
<p style="text-align: center;">KLPRGD Клапан предохранительный (поддерживающий) гидравлический</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий входу клапана при течении жидкости в прямом направлении 2 – полюс, соответствующий выходу клапана</p>
<p style="text-align: center;">RP32GD Распределитель трехлинейный двухпозиционный гидравлический</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий гидравлическому входу распределителя 2 – полюс, соответствующий первому гидравлическому выходу распределителя 3 – полюс, соответствующий второму гидравлическому выходу распределителя 4 – полюс, соответствующий логическому входу управления распределителем</p>

3	4	5
<p>DU – диаметр условного прохода, м MIU – коэффициент расхода RO – плотность рабочей жидкости, кг/м³</p>	<p>1 – потери энергии в клапане, Дж 2 – энергия на входе клапана, Дж 3 – энергия на выходе клапана, Дж 4 – скорость жидкости на входе (выходе) клапана, м/с</p>	<p>Возможность течения жидкости в прямом направлении Падение давления на клапане при течении жидкости в прямом направлении Возможность разрыва струи жидкости на входе и (или) выходе при понижении абсолютного давления ниже нуля</p>
<p>P – давление настройки, МПа DU – диаметр условного прохода, м RO – плотность рабочей жидкости, кг/м³</p>	<p>1 – потери энергии в клапане, Дж 2 – энергия на входе клапана, Дж 3 – энергия на выходе клапана, Дж 4 – скорость жидкости на входе (выходе) клапана, м/с</p>	<p>Возможность течения жидкости в прямом направлении при превышении перепада давления на клапане давления настройки Падение давления на клапане Возможность разрыва струи жидкости на входе и (или) выходе при понижении абсолютного давления ниже нуля</p>
<p>DU – диаметр условного прохода распределителя, м DZETTA – коэффициент местного сопротивления распределителя TP – продолжительность переключения распределителя, с PO – плотность рабочей жидкости, кг/м³ P – параметр переключения распределителя: 0 – при одновременном переключении линий, 1 – при последовательном переключении линий</p>	<p>1 – потери энергии в распределителе, Дж 2 – энергия на входе распределителя, Дж 3 – энергия на первом выходе распределителя, Дж 4 – энергия на втором выходе распределителя, Дж 5 – скорость жидкости на входе (выходах), м/с 6 – скорость жидкости на первом выходе (выходах), м/с 7 – скорость жидкости на втором выходе (выходах), м/с</p>	<p>Возможность течения жидкости между входом и первым выходом в любом направлении при сигнале на логическом входе равном 0 Возможность течения жидкости между входом и вторым выходом в любом направлении при сигнале на логическом входе равном 1 Падение давления в клапане Возможность разрыва струи жидкости на входе и (или) любом из выходов при понижении абсолютного давления ниже нуля</p>

1

CLGD

Цилиндр гидравлический



2

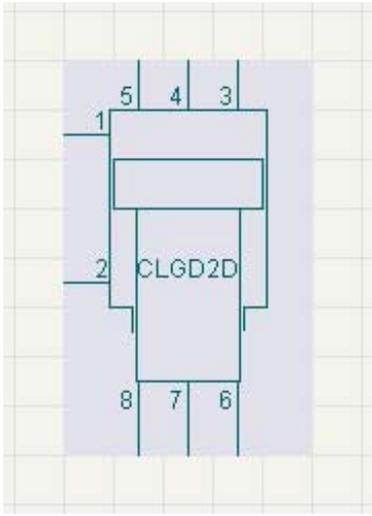
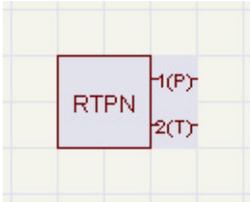
1 – полюс, соответствующий гидравлическому входу в поршневую полость цилиндра

2 – соответствующий гидравлическому входу в штоковую полость цилиндра

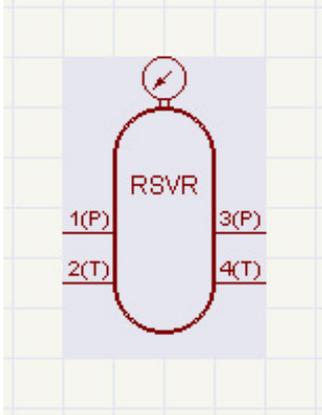
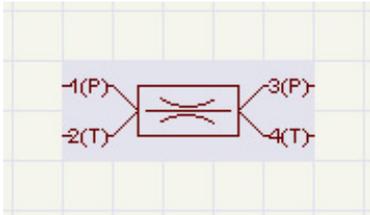
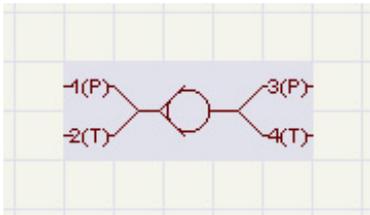
3 – полюс, соответствующий корпусу цилиндра

4 – полюс, соответствующий штоку цилиндра

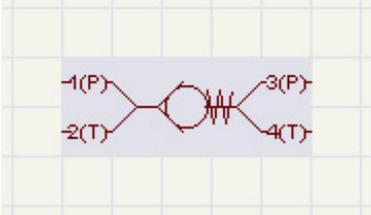
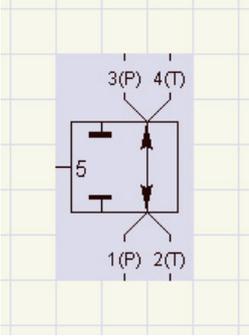
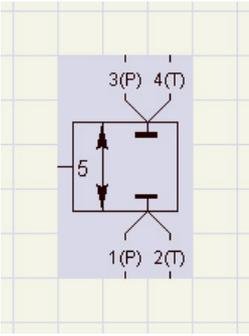
3	4	5
<p>DP – диаметр поршня, м</p> <p>HP0 – начальная высота поршневой полости, м</p> <p>DHP0 – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м</p> <p>HUPP – высота уплотнения поршня, м</p> <p>KTUPP – коэффициент трения в уплотнении поршня</p> <p>PUPP – сила трения в уплотнении поршня от предварительного поджатия, Н</p> <p>DMP – диаметр входа в поршневую полость, м</p> <p>DSH – диаметр штока, м</p> <p>HSH0 – начальная высота штоковой полости, м</p> <p>DHS0 – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м</p> <p>HUPSH – высота уплотнения штока, м</p> <p>KTUPSH – коэффициент трения в уплотнении штока</p> <p>PUPSH – сила трения в уплотнении штока от предварительного поджатия, Н</p> <p>DMSH – диаметр входа в штоковую полость, м</p> <p>S – толщина стенки цилиндра, м</p> <p>EM – модуль упругости материала стенки цилиндра, Па</p> <p>EG – модуль объемной упругости рабочей жидкости, Па</p> <p>RO – плотность рабочей жидкости, кг/м³</p> <p>MK – масса корпуса цилиндра, кг</p> <p>MSH – масса поршня со штоком, кг</p> <p>SK – параметр направления координатной оси (значение: “+1” – при штоке, обращенном к положительному направлению координатной оси, “-1” – при штоке, обращенном к отрицательному направлению)</p> <p>TIAG – параметр направления силы тяжести (значение: +1 – при штоке, обращенном вниз, 0 – при горизонтальном положении цилиндра, -1 – при штоке, обращенном вверх)</p>	<p>1 – потери энергии в цилиндре, Дж</p> <p>2 – энергия на входе в поршневую полость цилиндра, Дж</p> <p>3 – энергия на входе в штоковую полость цилиндра, Дж</p> <p>4 – механическая работа цилиндра, Дж</p> <p>5 – потери энергии на трение в уплотнении поршня, Дж</p> <p>6 – потери энергии на трение в уплотнении штока, Дж</p> <p>7 – сила трения в уплотнении поршня, Н</p> <p>8 – сила трения в уплотнении штока, Н</p> <p>9 – давление в поршневой полости, Па</p> <p>10 – давление в штоковой полости, Па</p> <p>11 – гидравлическая сила поршневой полости, Н</p> <p>12 – гидравлическая сила штоковой полости, Н</p> <p>13 – скорость жидкости на входе в поршневую полость, м/с</p> <p>14 – скорость жидкости на входе в штоковую полость, м/с</p>	<p>Способность преобразования гидравлической энергии в механическую и обратно с учетом потерь на трение и гидравлических потерь на входах в соответствии с введенными параметрами</p> <p>Возможность разрыва струи жидкости на входе, выходе и в полостях цилиндра при понижении абсолютного давления ниже нуля</p>

1	2
<p style="text-align: center;">CLGD2D Цилиндр гидравлический качающийся</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий гидравлическому входу в поршневую полость цилиндра</p> <p>2 – соответствующий гидравлическому входу в штоковую полость цилиндра</p> <p>3 – полюс, соответствующий горизонтальной координате перемещения шарнирного закрепления корпуса цилиндра</p> <p>4 – полюс, соответствующий вертикальной координате перемещения шарнирного закрепления корпуса цилиндра</p> <p>5 – полюс, соответствующий координате углового перемещения шарнирного закрепления корпуса цилиндра</p> <p>6 – полюс, соответствующий горизонтальной координате перемещения шарнирного закрепления штока цилиндра</p> <p>7 – полюс, соответствующий вертикальной координате перемещения шарнирного закрепления штока цилиндра</p> <p>8 – полюс, соответствующий координате углового перемещения шарнирного закрепления штока цилиндра</p>
	<p style="text-align: center;">Элементы пневмати (Давление - избыточное На “гидравлических” полюсах фазо На тепловых полюсах фазовые пере</p>
<p style="text-align: center;">RTPN Источник рабочего тела пневматических систем</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс 2 – тепловой полюс</p>

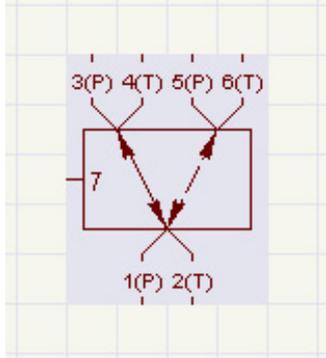
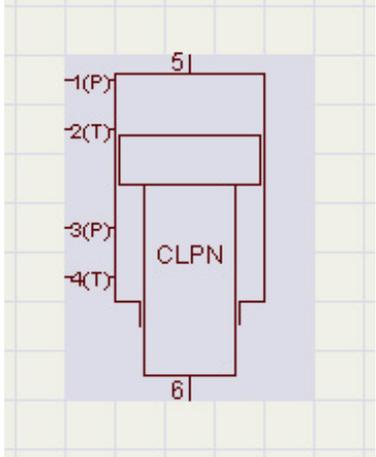
3	4	5
<p>DP – диаметр поршня, м HPO – начальная высота поршневой полости, м DHP0 – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м HUPP – высота уплотнения поршня, м KTUPP – коэффициент трения в уплотнении поршня PUPP – сила трения в уплотнении поршня от предварительного поджатия, Н DMP – диаметр входа в поршневую полость, м DSH – диаметр штока, м HPSH0 – начальная высота штоковой полости, м DHPSH0 – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м HUPSH – высота уплотнения штока, м KTUPSH – коэффициент трения в уплотнении штока PUPSH – сила трения в уплотнении штока от предварительного поджатия, Н DMSH – диаметр входа в штоковую полость, м S – толщина стенки цилиндра, м EM – модуль упругости материала стенки цилиндра, Па EG – модуль объемной упругости рабочей жидкости, Па RO – плотность рабочей жидкости, кг/м³ MK – масса корпуса цилиндра, кг MSH – масса поршня со штоком, кг DLTX – проекция вектора (с учетом знака), начало которого соответствует точке закрепления цилиндра, а конец – точке закрепления штока на горизонтальную ось системы координат DLTY – проекция вектора (с учетом знака), начало которого соответствует точке закрепления цилиндра, а конец – точке закрепления штока на другую ось системы координат TIAG - параметр направления силы тяжести (значения: +1 – при возможности качательного движения цилиндра в вертикальной плоскости, 0 – при возможности качательного движения цилиндра в горизонтальной плоскости)</p>	<p>Собственные расчетные переменные отсутствуют. Могут быть выведены расчетные переменные модели “Цилиндр гидравлический” CLGD, которая является вложенной в настоящую модель. При этом в атрибутах универсального индикатора, привлекаемого для вывода, в окне “Элемент:” следует ввести “CLGD2D.CLGD”</p>	<p>Способность преобразования гидравлической энергии в механическую и обратно с учетом потерь на трение и гидравлических потерь на входах в соответствии с введенными параметрами Возможность разрыва струи жидкости на входе, выходе и в полостях цилиндра при понижении абсолютного давления ниже нуля Возможность изменять угловое положение оси цилиндра в двухмерном пространстве</p>
<p>Ческих систем в мегапаскалях. вые переменные – расход и давление. менные – тепловой поток и температура)</p>		
<p>P – давление рабочего тела избыточное, МПа T – температура рабочего тела, °C</p>	<p>1 – энергия на “гидравлическом” полюсе источника, Дж 2 – энергия на тепловом полюсе источника, Дж 3 – полная энергия на выходе источника, Дж 4 – массовый расход воздуха, кг/с 5 – количество поданного источником воздуха, кг</p>	<p>Возможность истечения рабочего тела с любой производительностью в соответствии с задаваемыми параметрами Возможность втекания в источник рабочего тела с любым расходом, определяемым внешними источниками</p>

1	2
<p style="text-align: center;">RSVR Ресивер и другие емкости пневмосистем</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс для под-ключения к модели источника сжатого воздуха (напр. RTPN)</p> <p>2 – тепловой полюс для подклю-чения к модели источника сжатого воздуха (RTPN)</p> <p>3 – “гидравлический” полюс для подключения к гидравлическим полю-сам моделей потребителей сжатого воздуха</p> <p>4 - тепловой полюс для подклю-чения к гидравлическим полюсам моделей потребителей сжатого возду-ха</p>
<p style="text-align: center;">SMPN Сопротивление местное пневматическое</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соот-ветствующий входу сопротивления при течении воздуха в прямом на-правлении</p> <p>2 – тепловой полюс, соответству-ющий входу сопротивления при тече-нии воздуха в прямом направлении</p> <p>3 - “гидравлический” полюс, соот-ветствующий выходу сопротивления при течении воздуха в прямом на-правлении</p> <p>4 - тепловой полюс, соответству-ющий выходу сопротивления при те-чении воздуха в прямом направлении</p>
<p style="text-align: center;">KLOBPN Клапан обратный пневматический</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соот-ветствующий входу клапана</p> <p>2 – тепловой полюс, соответству-ющий входу клапана</p> <p>3 – “гидравлический” полюс, соот-ветствующий выходу клапана</p> <p>4 - тепловой полюс, соответству-ющий выходу клапана</p>

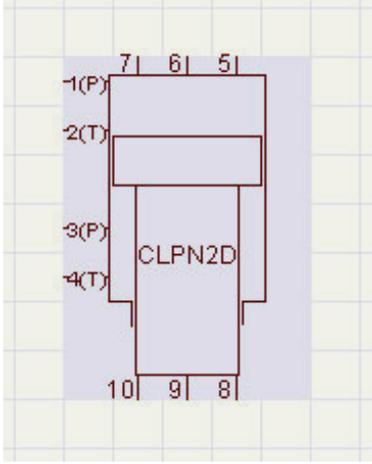
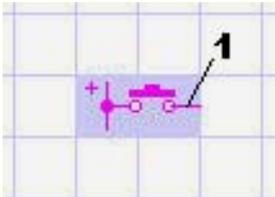
3	4	5
<p>DM1 – диаметр входной магистрали, м DM2 – диаметр выходной магистрали, м m^3V – объем ресивера, м³ SPR – площадь наружной поверхности ресивера, м² DLTST – толщина стенки ресивера, м CST – удельная теплоемкость материала ресивера, кДж/кг·°С LMBDST – удельная теплоемкость материала ресивера, кДж/м²·°С KST – удельная теплоотдача поверхности ресивера, кДж/м²·°С PLST – плотность материала стенки ресивера, кг/м³ TSR – температура внешней среды, °С</p>	<p>1 – разность между входной и выходной энергией ресивера, Дж 2 – входная энергия ресивера на “гидравлическом” полюсе, Дж 3 – входная энергия ресивера на тепловом полюсе, Дж 4 – полная входная энергия ресивера, Дж 5 – выходная энергия ресивера на “гидравлическом” полюсе, Дж 6 – выходная энергия ресивера на тепловом полюсе, Дж 7 – полная выходная энергия ресивера, Дж 8 – тепловые потери энергии через стенку ресивера, Дж 9 – давление в полости ресивера, МПа 10 – температура в полости ресивера, °С 11 – температура поверхности ресивера, °С 12 – показатель политропы термодинамического процесса в полости ресивера 13 – массовый расход на входе ресивера, кг/с 14 – массовый расход на выходе ресивера, кг/с</p>	<p>Возможность течения в ресивер и истечения из него воздуха через каждую магистраль в подкритическом и надкритическом режимах с протеканием термодинамических процессов в полости ресивера общего вида</p>
<p>DU – диаметр условного прохода, м MIU1 – коэффициент расхода в прямом направлении MIU2 – коэффициент расхода в обратном направлении</p>	<p>1 – входная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 2 – входная энергия на тепловом полюсе, Дж 3 – полная входная энергия, Дж 4 – выходная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 5 – выходная энергия на тепловом полюсе, Дж 6 – полная выходная энергия, Дж 7 – массовый расход через сопротивление, кг/с</p>	<p>Протекание адиабатического процесса при течении газа в местном сопротивлении в любом направлении в подкритическом и надкритическом режимах</p>
<p>DU – диаметр условного прохода, м MIU – коэффициент расхода</p>	<p>1 – входная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 2 – входная энергия на тепловом полюсе, Дж 3 – полная входная энергия, Дж 4 – выходная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 5 – выходная энергия на тепловом полюсе, Дж 6 – полная выходная энергия, Дж 7 – массовый расход через клапан, кг/с</p>	<p>Протекание адиабатического процесса при течении воздуха в клапане в прямом направлении в подкритическом и надкритическом режимах Невозможность течения воздуха в обратном направлении</p>

1	2
<p style="text-align: center;">KLPRPN Клапан предохранительный (поддерживающий) пневматический</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соответствующий входу клапана 2 – тепловой полюс, соответствующий входу клапана 3 – “гидравлический” полюс, соответствующий выходу клапана 4 – тепловой полюс, соответствующий выходу клапана</p>
<p style="text-align: center;">RP22PNA Распределитель двухлинейный двухпозиционный пневматический открытый в исходном состоянии</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соответствующий первому входу распределителя 2 – тепловой полюс, соответствующий первому входу распределителя 3 – “гидравлический” полюс, соответствующий второму выходу распределителя 4 – тепловой полюс, соответствующий второму выходу распределителя 5 – полюс, соответствующий логическому входу управления распределителем</p>
<p style="text-align: center;">RP22PNB Распределитель двухлинейный двухпозиционный пневматический закрытый в исходном состоянии</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соответствующий первому входу распределителя 2 – тепловой полюс, соответствующий первому входу распределителя 3 – “гидравлический” полюс, соответствующий второму выходу распределителя 4 – тепловой полюс, соответствующий второму выходу распределителя 5 – полюс, соответствующий логическому входу управления распределителем</p>

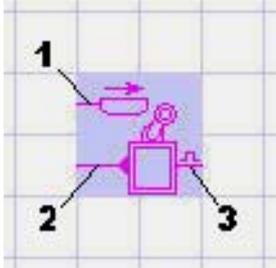
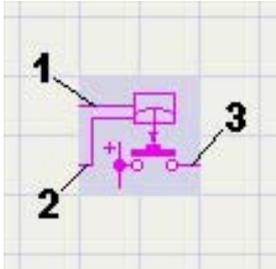
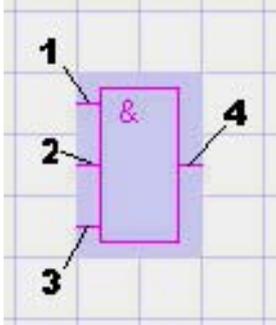
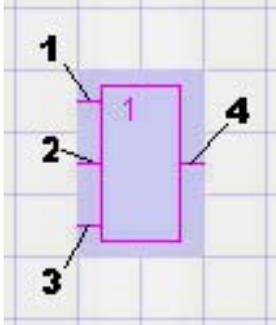
3	4	5
<p>Р – давление настройки, МПа DU – диаметр условного прохода клапана, м</p>	<p>1 – входная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 2 – входная энергия на тепловом полюсе, Дж 3 – полная входная энергия, Дж 4 – выходная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 5 – выходная энергия на тепловом полюсе, Дж 6 – полная выходная энергия, Дж 7 – массовый расход через сопротивление, кг/с</p>	<p>Протекание адиабатического процесса при течении воздуха в клапане в подкритическом и надкритическом режимах Возможность течения воздуха в прямом направлении при превышении перепада давления на клапане давления настройки Невозможность течения воздуха в обратном направлении</p>
<p>DU – диаметр условного прохода, м MIU – коэффициент расхода</p>	<p>1 – входная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 2 – входная энергия на тепловом полюсе, Дж 3 – полная входная энергия, Дж 4 – выходная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 5 – выходная энергия на тепловом полюсе, Дж 6 – полная выходная энергия, Дж 7 – массовый расход через сопротивление, кг/с</p>	<p>Возможность течения газа между входом и выходом в любом направлении при сигнале на логическом входе равном 0, отсутствие течения при сигнале на логическом входе равном 1, Протекание адиабатического процесса при течении газа в распределителе в подкритическом и надкритическом режимах</p>
<p>DU – диаметр условного прохода, м MIU – коэффициент расхода</p>	<p>1 – входная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 2 – входная энергия на тепловом полюсе, Дж 3 – полная входная энергия, Дж 4 – выходная энергия на “гидравлическом” полюсе, Дж 5 – выходная энергия на тепловом полюсе, Дж 6 – полная выходная энергия, Дж 7 – массовый расход через клапан, кг/с</p>	<p>Возможность течения газа между входом и выходом в любом направлении при сигнале на логическом входе равном 1, отсутствие течения при сигнале на логическом входе равном 0, Протекание адиабатического процесса при течении газа в распределителе в подкритическом и надкритическом режимах</p>

1	2
<p style="text-align: center;">RP32PN</p> <p style="text-align: center;">Распределитель трехлинейный двухпозиционный пневматический</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соответствующий входу распределителя</p> <p>2 – тепловой полюс, соответствующий входу распределителя</p> <p>3 – “гидравлический” полюс, соответствующий первому выходу распределителя</p> <p>4 – тепловой полюс, соответствующий первому выходу распределителя</p> <p>5 – “гидравлический” полюс, соответствующий второму выходу распределителя</p> <p>6 – тепловой полюс, соответствующий второму выходу распределителя</p> <p>7 – полюс, соответствующий логическому входу управления распределителем</p>
<p style="text-align: center;">CLPN</p> <p style="text-align: center;">Цилиндр пневматический</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соответствующий входу в поршневую полость</p> <p>2 – тепловой полюс, соответствующий входу в поршневую полость</p> <p>3 - “гидравлический” полюс, соответствующий входу в штоковую полость</p> <p>4 - тепловой полюс, соответствующий входу в штоковую полость</p> <p>5 – полюс, соответствующий корпусу цилиндра</p> <p>6 – полюс, соответствующий штоку цилиндра</p>

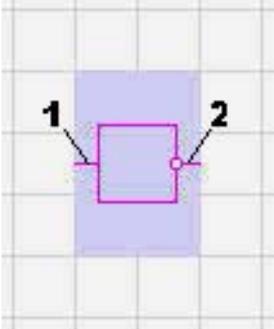
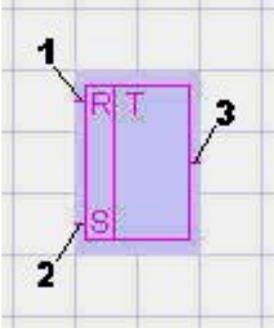
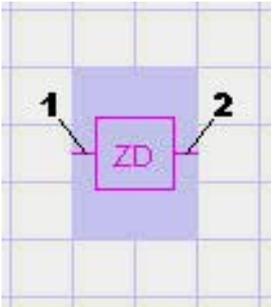
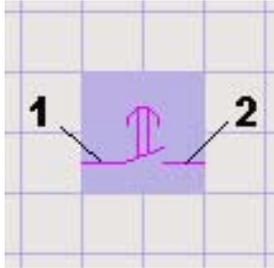
3	4	5
<p>DU – диаметр условного прохода распределителя, м MIU – коэффициент расхода</p>	<p>1 – энергия на “гидравлическом” полюсе входа, Дж 2 – энергия на тепловом полюсе входа, Дж 3 – полная входная энергия, Дж 4 – энергия на “гидравлическом” полюсе первого выхода, Дж 5 – входная энергия на тепловом полюсе первого выхода, Дж 6 – полная энергия первого выхода, Дж 7 – энергия на “гидравлическом” полюсе второго выхода, Дж 8 – входная энергия на тепловом полюсе второго выхода, Дж 9 – полная энергия второго выхода, Дж 10 – массовый расход через клапан на входе, кг/с 11 – массовый расход через клапан на первом выходе, кг/с 12 – массовый расход через клапан на втором выходе, кг/с</p>	<p>Возможность течения газа между входом и первым выходом в любом направлении при сигнале на логическом входе равном 0 Возможность течения газа между входом и вторым выходом в любом направлении при сигнале на логическом входе равном 1 Протекание адиабатического процесса при течении газа в распределителе в подкритическом и надкритическом режимах</p>
<p>DP – диаметр поршня, м HP0 – начальная высота поршневой полости, м DHP0 – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м HUPP – высота уплотнения поршня, м KTUPP – коэффициент трения в уплотнении поршня PUPP – сила трения в уплотнении поршня от предварительного поджатия, Н DMP – диаметр входа в поршневую полость, м DSH – диаметр штока, м HSH0 – начальная высота штоковой полости, м DHSN0 – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м HUPSH – высота уплотнения штока, м KTUPSH – коэффициент трения в уплотнении штока PUPSH – сила трения в уплотнении штока от предварительного поджатия, Н DMSH – диаметр входа в штоковую полость, м SPCL – площадь наружной поверхности цилиндра, м² DLTST – толщина стенки корпуса цилиндра, м CST – удельная теплоемкость материала ресивера, кДж/кг⁰С LAMB DST – удельная теплоемкость материала корпуса цилиндра, кДж/м³С KST – удельная теплоотдача поверхности цилиндра, кДж/м²С TSR – температура внешней среды, ⁰С MK – масса корпуса цилиндра, кг MSH – масса поршня со штоком, кг SK – параметр направления координатной оси (значение: “+1” – при штоке, обращенном к положительному направлению координатной оси, “-1” – при штоке, обращенном к отрицательному направлению) TIAG – параметр направления силы тяжести (значение: “+1” – при штоке, обращенном вверх, “0” – при горизонтальном положении цилиндра, “-1” – при штоке, обращенном вниз)</p>	<p>1 – потери энергии в цилиндре, Дж 2 – энергия на “гидравлическом” полюсе входа в поршневую полость цилиндра, Дж 3 – энергия на тепловом полюсе входа в поршневую полость цилиндра, Дж 4 – полная энергия на входе в поршневую полость цилиндра, Дж 5 – энергия на “гидравлическом” полюсе входа в штоковую полость цилиндра, Дж 6 – энергия на тепловом полюсе входа в штоковую полость цилиндра, Дж 7 – полная энергия на входе в штоковую полость цилиндра, Дж 8 – механическая энергия цилиндра, Дж 9 – потери энергии на трение в уплотнении поршня, Дж 10 – потери энергии на трение в уплотнении штока, Дж 11 – тепловые потери энергии через стенку цилиндра, Дж 12 – давление в поршневой полости, МПа 13 – температура поршневой полости, ⁰С 14 – показатель политропы в поршневой полости 15 – давление в штоковой полости, МПа 16 – температура штоковой полости, ⁰С 17 – показатель политропы в штоковой полости 18 – массовый расход на входе в поршневую полость цилиндра, кг/с 19 – массовый расход на входе в штоковую полость цилиндра, кг/с</p>	<p>Протекание термодинамических процессов общего вида при наполнении и опорожнении полостей цилиндра с течением газа на входах в подкритическом и надкритическом режимах, движение поршня относительно корпуса цилиндра, наличие тепловых потерь через стенки корпуса цилиндра с учетом их теплоемкости, наличие механических потерь на трение в уплотнениях</p>

1	2
<p style="text-align: center;">CLPN2D Цилиндр пневматический качающийся</p> 	<p>1 – “гидравлический” полюс, соответствующий входу в поршневую полость</p> <p>2 – тепловой полюс, соответствующий входу в поршневую полость</p> <p>3 – “гидравлический” полюс, соответствующий входу в штоковую полость</p> <p>4 – тепловой полюс, соответствующий входу в штоковую полость</p> <p>5 – полюс, соответствующий горизонтальной координате перемещения шарнирного закрепления корпуса цилиндра</p> <p>6 – полюс, соответствующий вертикальной координате перемещения шарнирного закрепления корпуса цилиндра</p> <p>7 – полюс, соответствующий координате углового перемещения шарнирного закрепления корпуса цилиндра</p> <p>8 – полюс, соответствующий горизонтальной координате перемещения шарнирного закрепления штока цилиндра</p> <p>9 – полюс, соответствующий вертикальной координате перемещения шарнирного закрепления штока цилиндра</p> <p>10 – полюс, соответствующий координате углового перемещения шарнирного закрепления штока цилиндра</p>
	Элементы логи
<p style="text-align: center;">KN Кнопка включения</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>

3	4	5
<p>DP – диаметр поршня, м HPO – начальная высота поршневой полости, м DHPO – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м HUPP – высота уплотнения поршня, м KTUPP – коэффициент трения в уплотнении поршня PUPP – сила трения в уплотнении поршня от предварительного поджатия, Н DMP – диаметр входа в поршневую полость, м DSH – диаметр штока, м HPSHO – начальная высота штоковой полости, м DHPSHO – приведенная высота вредного пространства поршневой полости, м HUPSH – высота уплотнения штока, м KTUPSH – коэффициент трения в уплотнении штока PUPSH – сила трения в уплотнении штока от предварительного поджатия, Н DMSH – диаметр входа в штоковую полость, м DLTST – толщина стенки корпуса цилиндра, м SPC – площадь наружной поверхности цилиндра, м² CST – удельная теплоемкость материала ресивера, кДж/кг⁰С LMBDC – удельная теплоемкость материала корпуса цилиндра, кДж/м³С KST – удельная теплоотдача поверхности цилиндра, кДж/м²с⁰С TSR – температура внешней среды, ⁰С MK – масса корпуса цилиндра, кг MSH – масса поршня со штоком, кг DLTX – проекция вектора (с учетом знака), начало которого соответствует точке закрепления цилиндра, а конец – точке закрепления штока на горизонтальную ось системы координат DLTY – проекция вектора (с учетом знака), начало которого соответствует точке закрепления цилиндра, а конец – точке закрепления штока на другую ось системы координат TIAG - параметр направления силы тяжести (значение: +1 – при возможности качательного движения цилиндра в вертикальной плоскости, 0 – при возможности качательного движения цилиндра в горизонтальной плоскости)</p>	<p>Собственные расчетные переменные отсутствуют. Могут быть выведены расчетные переменные модели “Цилиндр пневматический” CLPN, которая является вложенной в настоящую модель. При этом в атрибутах универсального индикатора, привлекаемого для вывода, в окне “Элемент:” следует ввести “CLPN2D. CLPN”</p>	<p>Протекание термодинамических процессов общего вида при наполнении и опорожнении полостей цилиндра с течением газа на входах в подкритическом и надкритическом режимах, движение поршня относительно корпуса цилиндра, наличие тепловых потерь через стенки корпуса цилиндра с учетом их теплоемкости, наличие механических потерь на трение в уплотнениях Возможность движения цилиндра в двухмерном пространстве</p>
чекских систем		
<p>TVKL – время первого включения кнопки, с TP – периодичность повторных включений кнопки, с. (при введении нулевого значения модель генерирует одиночный импульс) ACR – точность включения, с</p>		<p>Генерирует с заданной точностью сигнал на выходе в виде импульса в заданный момент включения, затем с заданной периодичностью Сохраняет сигнал в течение двух шагов интегрирования</p>

1	2
<p style="text-align: center;">KV Концевой выключатель</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий включающему элементу выключателя 2 – полюс, соответствующий корпусу выключателя 3 – полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>
<p style="text-align: center;">RD Реле давления дифференциальное</p> 	<p>1 – полюс, соответствующий первому гидравлическому (пневматическому) входу элемента 2 – полюс, соответствующий второму гидравлическому (пневматическому) входу элемента (при использовании модели как модели обычного, недифференциального реле “заземлить”) 3 – полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>
<p style="text-align: center;">AND Логический элемент 3-И</p> 	<p>1 – 3 – полюса, соответствующие логическим входам элемента 4 - полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>
<p style="text-align: center;">OR Логический элемент 3-ИЛИ</p> 	<p>1 – 3 – полюса, соответствующие логическим входам элемента 4 - полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>

3	4	5
<p>SVKL – перемещение включающего элемента относительно выключателя, соответствующее включению выключателя, м, рад</p> <p>SOTKL – перемещение включающего элемента относительно выключателя, соответствующее выключению выключателя, м, рад</p> <p>SP – периодичность срабатывания, м; рад (при введении нулевого значения генерируется логическая единица на интервале перемещения (SVKL–SOTKL))</p> <p>ACR – точность включения, м, рад</p>		<p>Генерирует с заданной точностью сигнал на выходе при перемещении в заданных пределах включающего элемента относительно выключателя</p>
<p>PVKL – разность давлений включения, МПа</p> <p>POTKL – разность давлений выключения, МПа</p> <p>ACR – точность срабатывания, Мпа</p>		<p>Генерирует с заданной точностью сигнал на выходе при разности давлений на первом и втором входах модели в заданных пределах</p> <p>Модель может быть использована в качестве модели реле скорости (линейной, угловой) при интерпретации фазовой переменной типа потенциала на полюсах 1 и 2 как скорости</p>
		<p>Реализует логическую функцию 3-И</p>
		<p>Реализует логическую функцию 3-ИЛИ</p>

1	2
<p style="text-align: center;">NOT Логический элемент НЕ</p> 	<p>1 - полюс, соответствующий логическому входу элемента 2 - полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>
<p style="text-align: center;">TRIG RS-триггер</p> 	<p>1 - полюс, соответствующий первому логическому входу (R) элемента 2 - полюс, соответствующий второму логическому входу (S) элемента 3 - полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>
<p style="text-align: center;">ZD Элемент задержки</p> 	<p>1 - полюс, соответствующий логическому входу элемента 2 - полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>
<p style="text-align: center;">RV Реле времени</p> 	<p>1 - полюс, соответствующий логическому входу элемента 2 - полюс, соответствующий логическому выходу элемента</p>

3	4	5
		<p>Реализует логическую функцию НЕ</p>
		<p>Появление сигнала на выходе после подачи сигнала на первый вход и исчезновение сигнала на выходе после подачи сигнала на второй вход (одновременная подача сигнала на оба входа не допускается)</p>
<p>ZVKL – задержка подачи сигнала, с ZOTKL – задержка снятия сигнала, с ACR – точность задержки сигнала, с</p>		<p>Появление и исчезновение сигнала на выходе с заданной задержкой по отношению к появлению и исчезновению сигнала на входе</p>
<p>T – выдержка времени, с ACR – точность выдержки, с</p>		<p>Генерирует с заданной точностью сигнал на выходе в виде импульса с заданной выдержкой времени после появления сигнала на входе</p>

