

# КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРА, ИМИТИРУЮЩАЯ ДВИЖЕНИЕ ВОЛЧКОВ, ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И СОРЕВНОВАНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ T-FLEX CAD

**Автор: Стрыгин Сергей Васильевич, старший преподаватель кафедры АиТТС  
Рязанского института (филиала) Московского Политехнического университета.**

Много веков известна детская забава, связанная с использованием быстро вращающегося ротора, свободно опирающегося на ровную поверхность – волчок [1, 2], который может быть изготовлен из дерева, пластика или металла, а также в комбинации различных материалов. Волчок является телом вращения, его конструктивное исполнение служит хорошим примером при изучении операции формообразования «Вращение» T-FLEX CAD [3]. Процесс разработки опорной поверхности для волчка подходит в качестве примера при изучении операций «Выталкивание», «Сглаживание ребер», «Оболочка». Наиболее интересен процесс моделирования динамики [4] раскрученного волчка. Рассматриваются приемы позиционирования деталей при организации сборки по принципу «Снизу-вверх», работа с материалами отдельных фрагментов. Создается задача анализа движения, определяется способ учета контактных взаимодействий между телами механической системы, в 3D-сцене назначается принятое за неподвижное тело, разрешаются степени свободы подвижных тел, подбираются угловые скорости вращения моделируемых волчков. Для большей наглядности игровой ситуации опорную поверхность можно моделировать наклонной, что провоцирует движение вращающихся волчков к борту поля для игры. Процесс выполнения расчета занимает менее минуты, а для повторения описанного процесса моделирования достаточно свободно распространяемой учебной версии T-FLEX CAD.

Для практических занятий по 3D-моделированию с использованием программного комплекса T-FLEX PLM [3, 4] предложена разработка параметрической сборочной модели компьютерной игры, имитирующей движение волчков, для обучения и соревнований пользователей T-FLEX CAD. При этом общий план цикла учебных занятий включает следующие этапы.

1. Разработка правил игры.
2. Параметрическое 3D-моделирование фрагментов: игровой кости, поля для игры, волчков. При этом изучаются:
  - а) основные трехмерные операции: выталкивание, вращение, сглаживание, булевы операции, отверстие и т.д.
  - б) редактор материалов;
  - в) переменные: типы и свойства, способы создания;
  - г) способы и методы создания параметрической геометрии, связи, отношения и способы работы с ними;
  - д) связь параметров с топологией модели, опции подавить/погасить/уровень/слои.
3. Параметрическое 3D-моделирование сборок: игровой кости с полем для игры, волчков с полем для игры. При этом изучаются:
  - а) локальные системы координат, правила вставки фрагментов в сборку;

б) создание трехмерных сборочных методом «снизу-вверх» способы и методы позиционирования деталей (JICK, сопряжения), принцип объектной замены, создание кинематических сборок;

в) проектирование диалогов для сборок;

г) назначение системы Экспресс анализ движения: возможности и решаемые практические задачи системы, примеры расчетов и результатов.

#### 4. Разработка инструкции по пользованию программой.

Базовый уровень компьютерной игры в волчки с использованием T-FLEX CAD подходит для вводных занятий по 3D-моделированию с использованием программного комплекса T-FLEX PLM, в качестве оснащения мастер-классов в мероприятиях с обучающимися. Как используемые при этом примеры представляют интерес объекты и процессы, которые относятся к наглядным и понятным для обучающихся. Этим условиям соответствует механическая система из двух твердых тел – неподвижного поля для игры и падающей на него игральной кости. Начальный уровень сложности игры предполагает использование предварительно заготовленных файлов моделей поля для игры и игральной кости. Игра осуществляется по следующим правилам.

1. Моделирование процесса бросания игральной кости. При этом в отдельный файл сборочной модели добавляются фрагменты поля для игры и игральной кости. Игральная кость привязывается к предварительно построенному 3D-узлу с разрешением всех степеней свободы этого тела (3D-фрагмента). Поле для игры принимает фиксированное положение (используется команда «Зафиксировать положение»). Создается задача анализа движения, в настройках которой включается анализ контактов всех тел со всеми. Запускается расчет и в результате наблюдается падение игральной кости на поле для игры с конечным неподвижным состоянием игральной кости, указывающей верхнюю гранью на количество набранных игроком очков (рис. 1). Для совершения следующего броска игральной кости 3D-узел из сборочной модели надо привести в новое произвольное положение, используя команду преобразования не менее чем двух координат. После перемещения 3D-узла тело игральной кости также займет новое положение и можно запустить новый расчет задачи анализа движения.

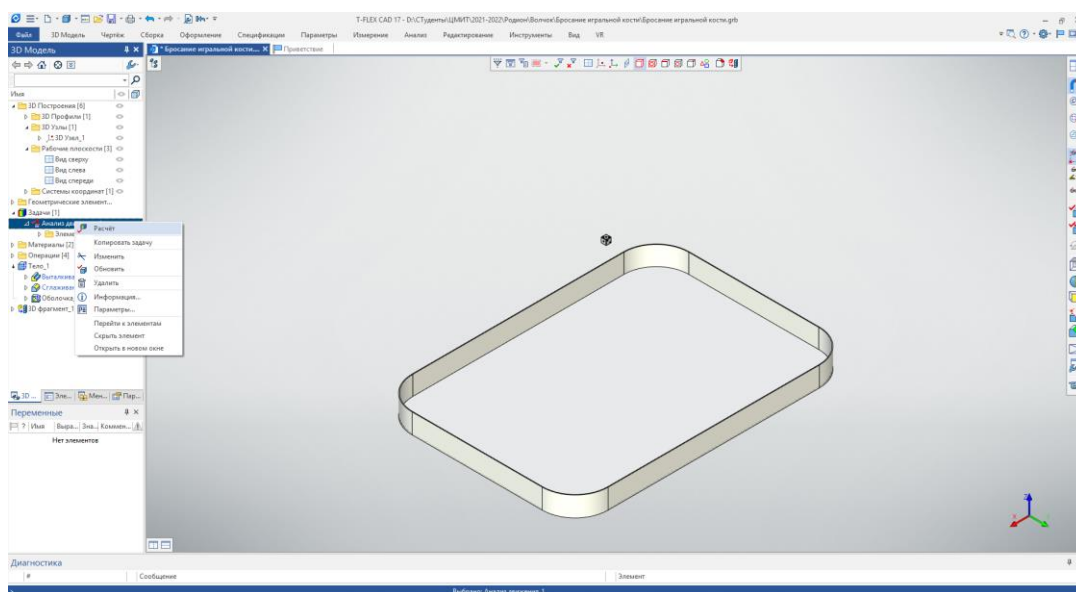


Рисунок 1 – Задача анализа движения при бросании игральной кости  
в дереве сборочной 3D-модели

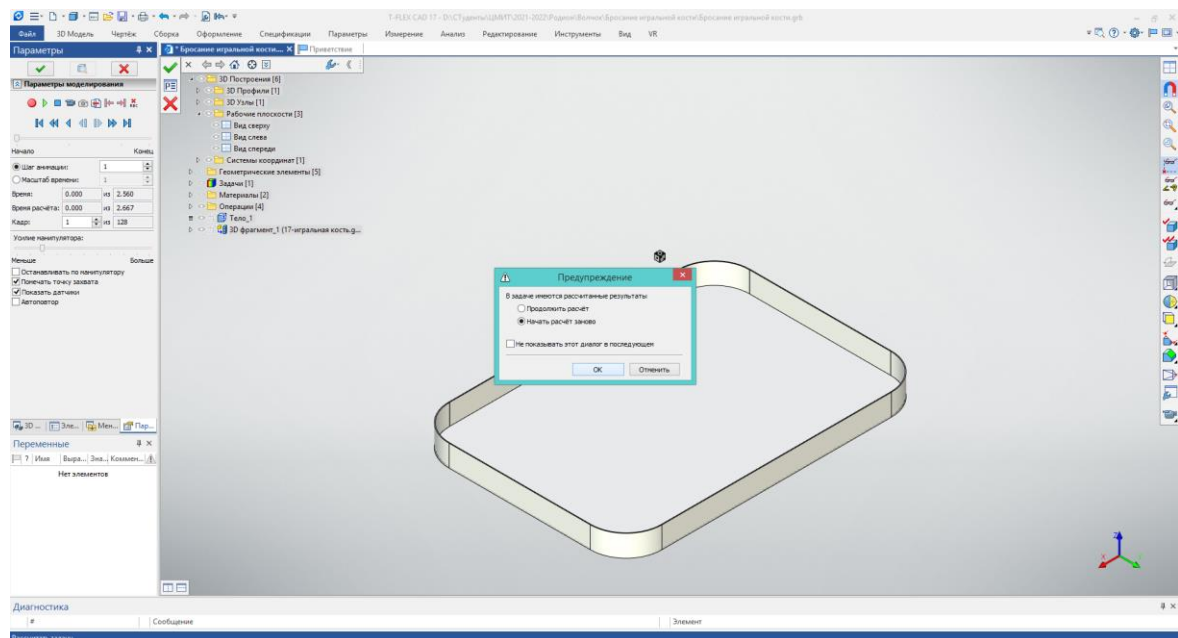


Рисунок (продолжение) 1 – Запуск расчета задачи анализа движения при бросании игровой кости

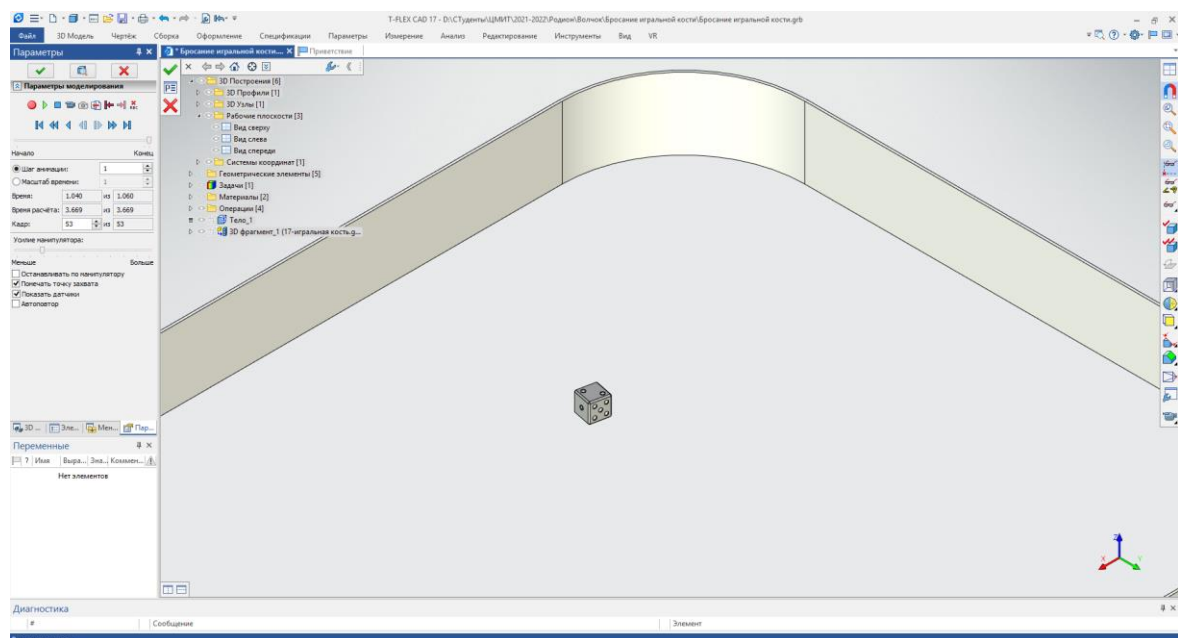


Рисунок (окончание) 1 – Результат расчета задачи анализа движения при бросании игровой кости

Разработанная компьютерная модель может быть использована в сочетании с другими, в том числе настольными играми.

Целью моделирования бросания игровой кости является сбор информации в виде четырех чисел от 1 до 6 (каждое число – результат отдельного моделирования бросания игровой кости) для каждого игрока, количество которых составляет также от 1 до 6. У

игроков должен быть уникальный код с разными для каждого из них первыми цифрами кода. Такое различие достигается через поочередное моделирование бросания игровой кости игроками с повторными бросаниями в случае совпадения первых цифр кода до тех пор, пока первая цифра не станет уникальной. Если играют шесть игроков, то после установления пяти уникальных первых цифр кода, шестая определяется методом исключения. Очередность бросания игровой кости участниками игры может быть установлена по их договоренности, например, по возрасту (сначала самый младший и далее по старшинству).

Активация меню игры осуществляется по горячей клавише «М» английского регистра (команда «Модель»), что вызывает диалог (рис. 2).

Первая цифра четырёхзначного кода игрока указывает на волчок, в соответствии с которым выступает игрок. При этом нумерация волчков из меню их выбора осуществляется слева направо сверху вниз (рис. 2).

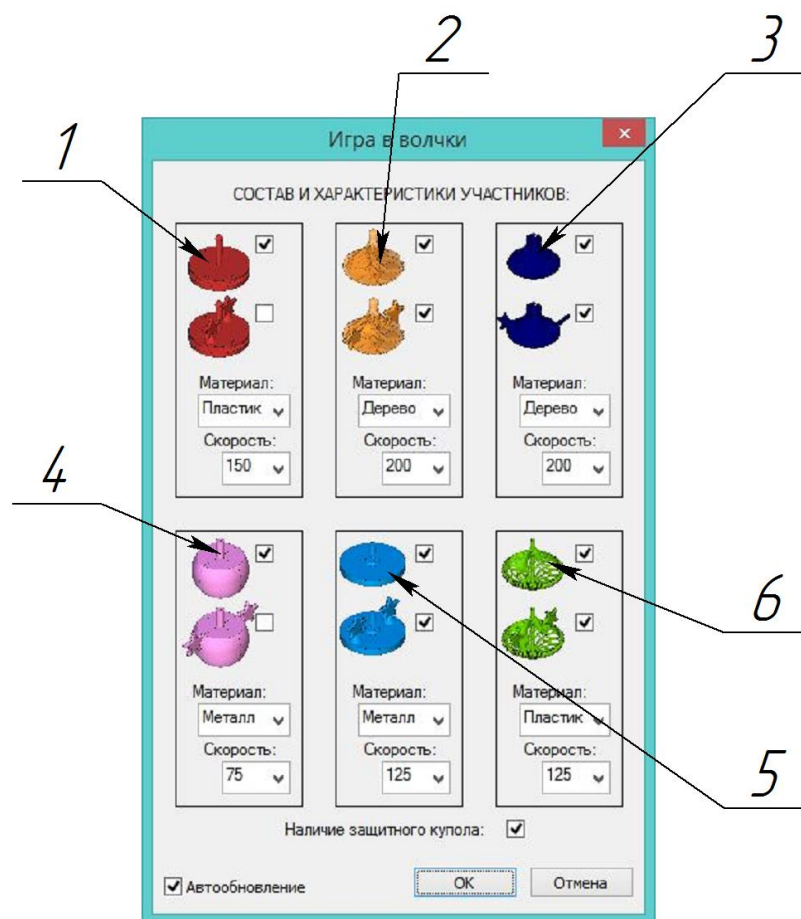


Рисунок 2 – Соответствие значения первого числа кода, формируемого при бросании игровой кости волчку из игрового набора

В сборочной модели игры (рис. 3) в качестве свойств фрагментов волчков придаются разные значения видимости фрагмента: команда погасить фрагмент управляется соответствующей переменной. Задание свойств происходит при использовании в моделях фрагментов внешних переменных, значения которых определяются с помощью переменных сборочной модели. Невидимый фрагмент не пропадает из модели игры, оставаясь и в качестве элемента расчета задачи анализа движения. Этим параметром регулируется лишь экранная видимость модели волчка – например, для повторного просмотра результата игры.

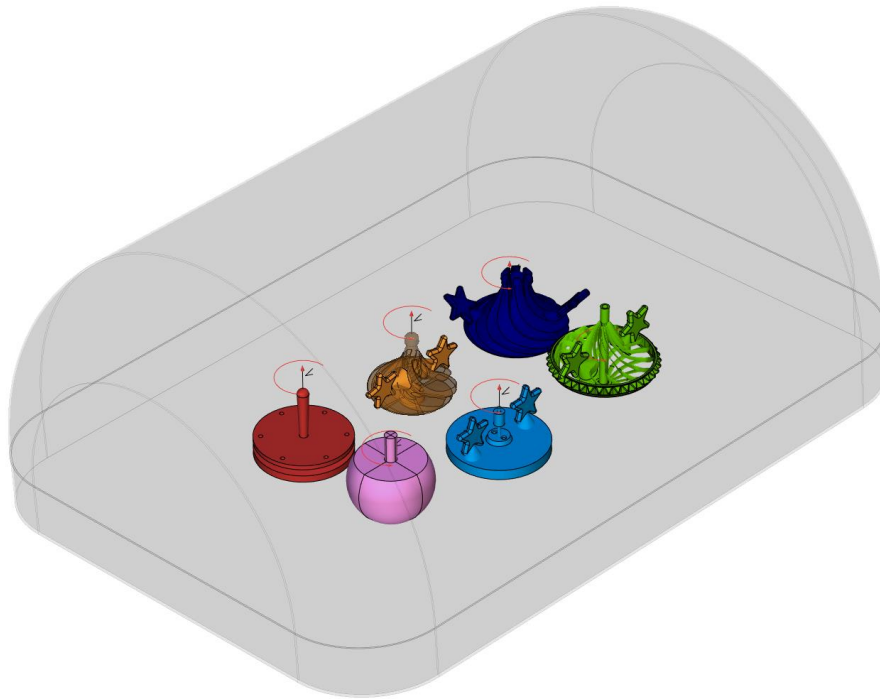


Рисунок 3 – Сборочная модель игры в волчки

Вторая цифра четырёхзначного кода игрока указывает на наличие дополнительного оснащения выбранного ранее волчка. При этом нечетная цифра говорит о наличии оснащения, четная – об отсутствии оснащения (рис. 4).

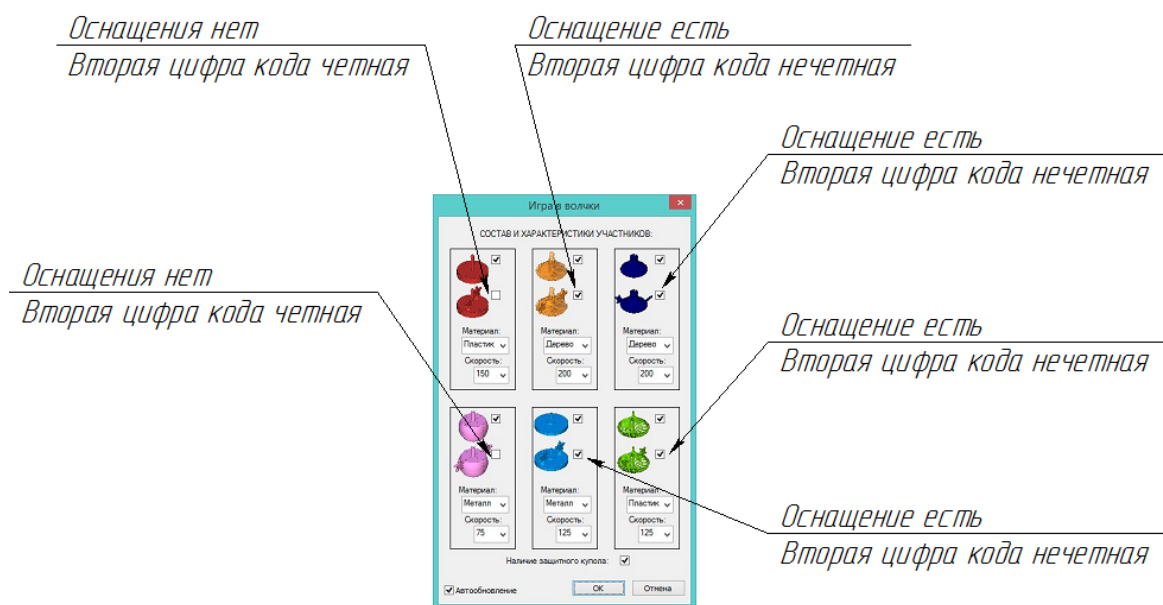


Рисунок 4 – Соответствие значения второго числа кода, формируемого при бросании игровой кости наличию или отсутствию оснащения волчка

Третья цифра четырёхзначного кода игрока указывает на материал волчка (рис. 5): цифры 1 или 2 соответствуют дереву, цифры 3 или 4 – пластику, цифры 5 или 6 – металлу.



В сборочной модели игры в качестве свойств фрагментов волчков придают разные значения плотности материала: 570 кг/куб. м. для дерева, 950 кг/куб. м. – для пластика, 8500 кг/куб. м. – для металла. Задание свойств происходит при использовании в моделях фрагментов внешних переменных, значения которых определяются с помощью переменных сборочной модели.

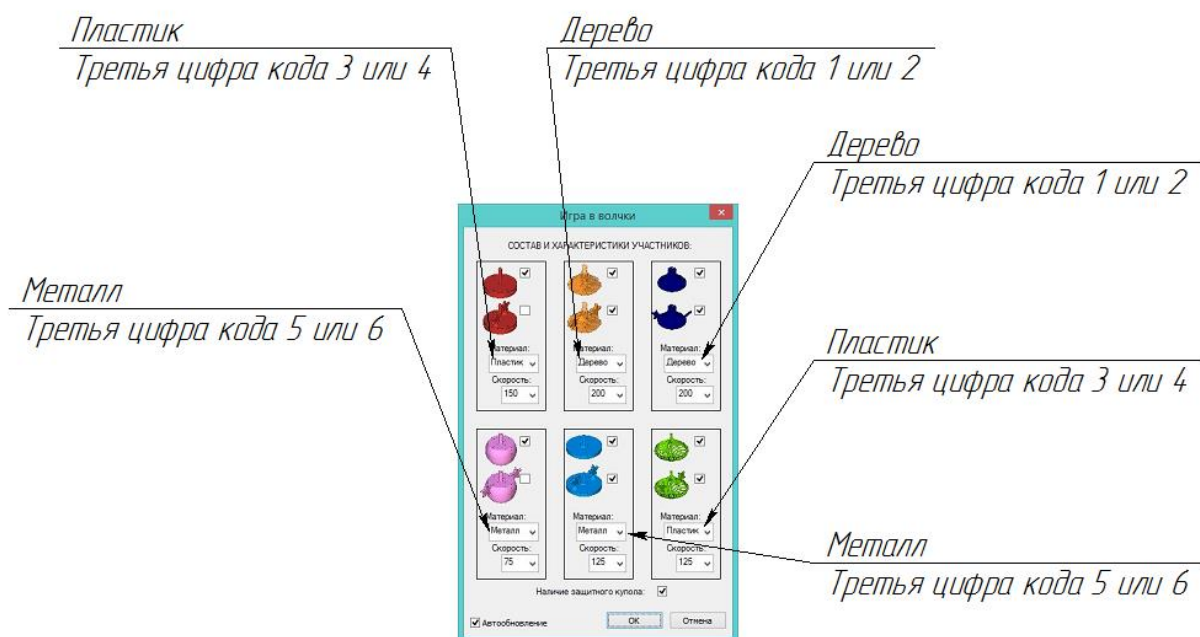


Рисунок 5 – Соответствие значения третьего числа кода, формируемого при бросании игровой кости материалу волчка

Четвертая цифра четырехзначного кода игрока указывает на значение начальной мгновенной угловой частоты вращения волчка (рис. 6): цифра 1 соответствует 75 рад/с, цифра 2 – 100 рад/с, цифра 3 – 125 рад/с, цифра 4 – 150 рад/с, цифра 5 – 175 рад/с, цифра 6 – 200 рад/с.

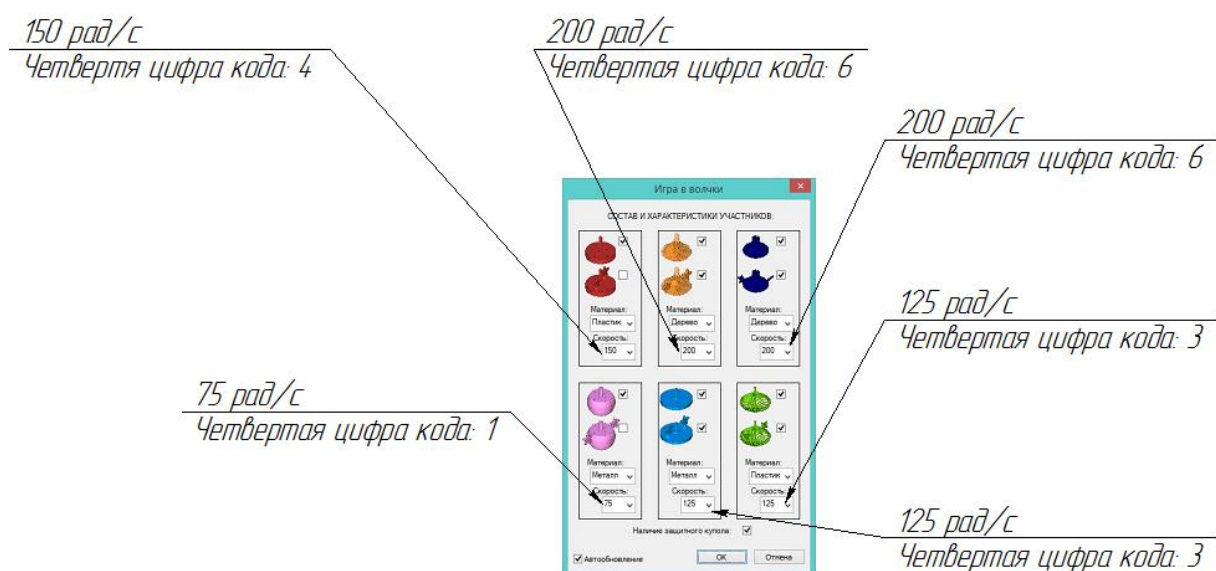


Рисунок 6 – Соответствие значения четвертого числа кода, формируемого при бросании игровой кости, начальной мгновенной угловой частоты вращения волчка

Перед началом игры выставляются описанные выше параметры (рис. 2-6), в 3D сцене устанавливается вид «Изометрия вид сзади» (рис. 7).

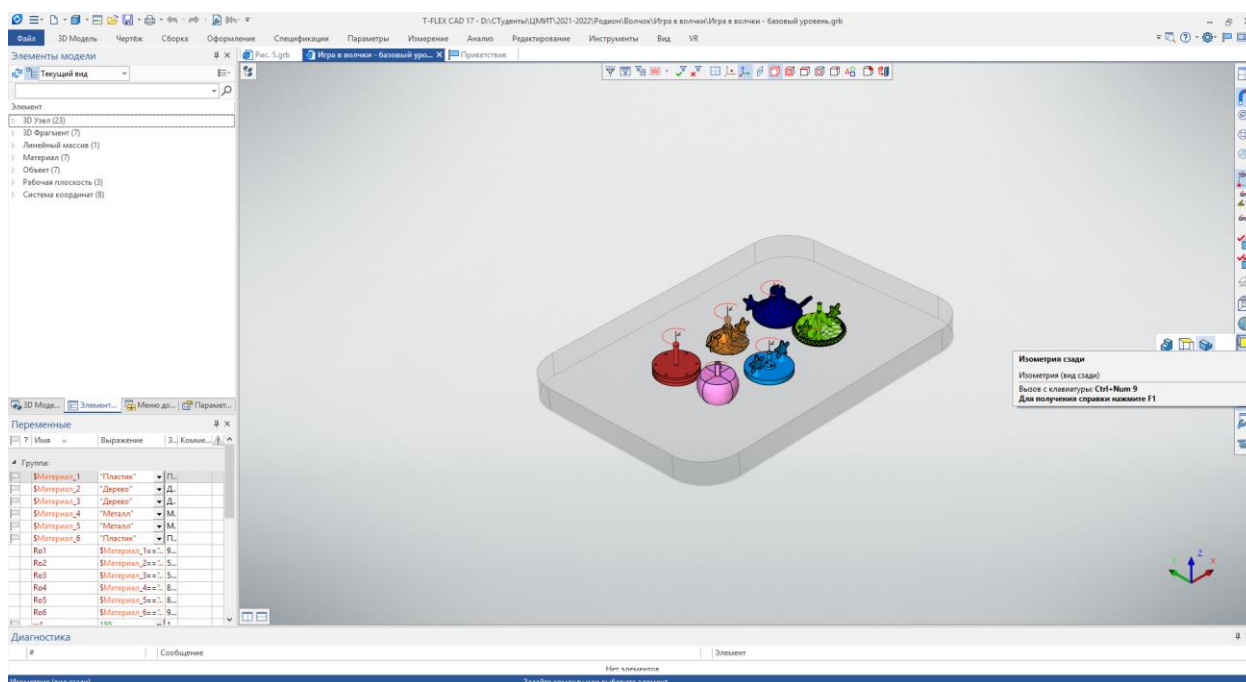


Рисунок 7 – 3D сцена игры в волчки – вид «Изометрия вид сзади»

Выполняется полный пересчёт модели (рис. 8) и производится сохранение файла с именем, соответствующим игровому коду, например, 54432.

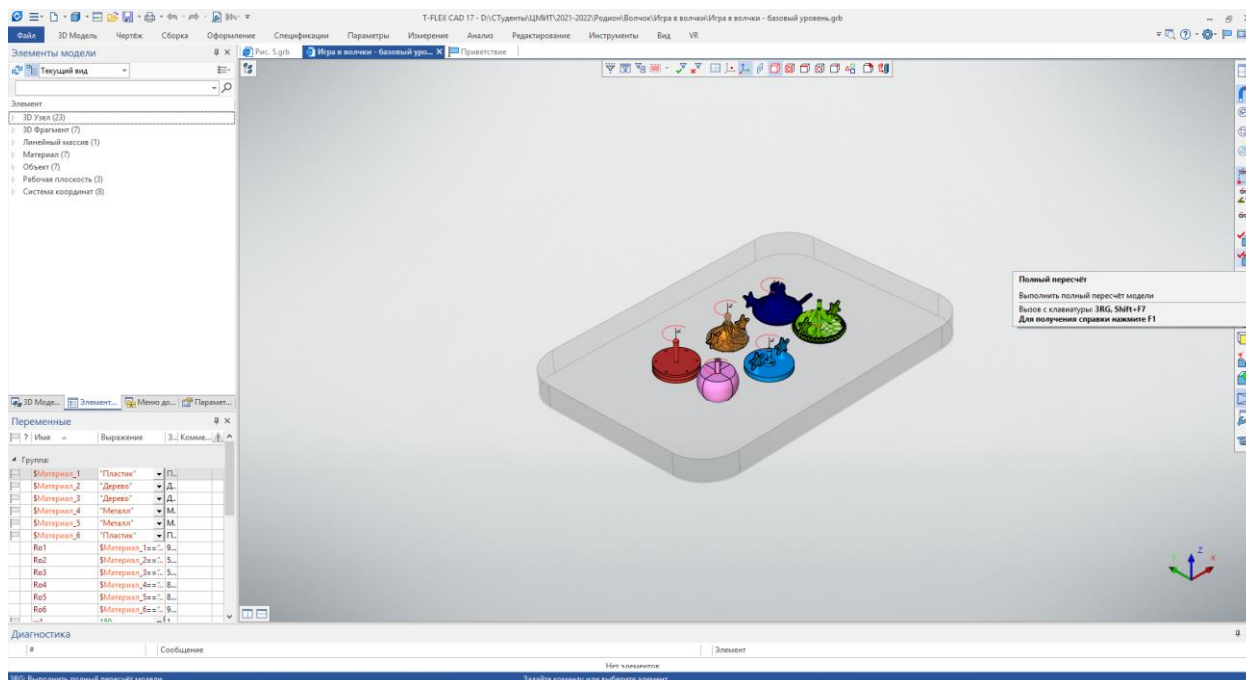


Рисунок 8 – Полный пересчет модели игры в волчки

Осуществляется запуск расчета (рис. 9).

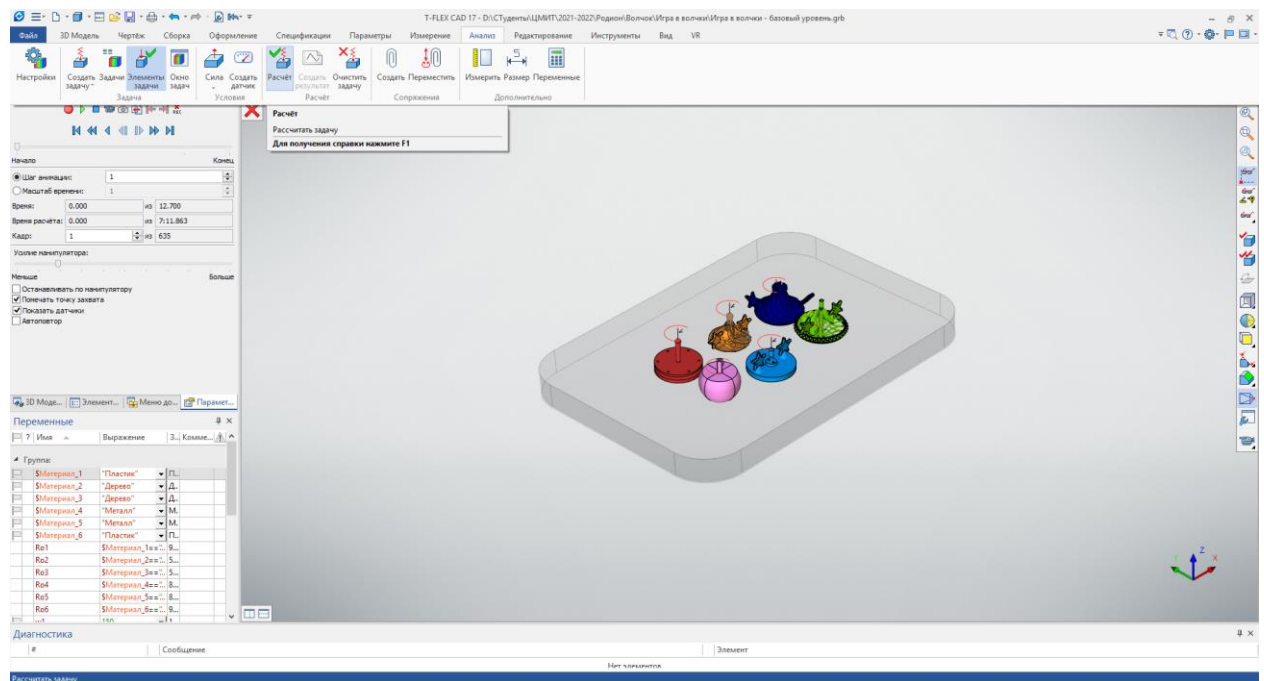


Рисунок 9 – Запуск расчета задачи анализа движения модели игры в волчки

В случае вылета волчков за пределы игрового поля (рис. 10) устанавливается защитный купол (рис. 11) и расчет повторяется заново.

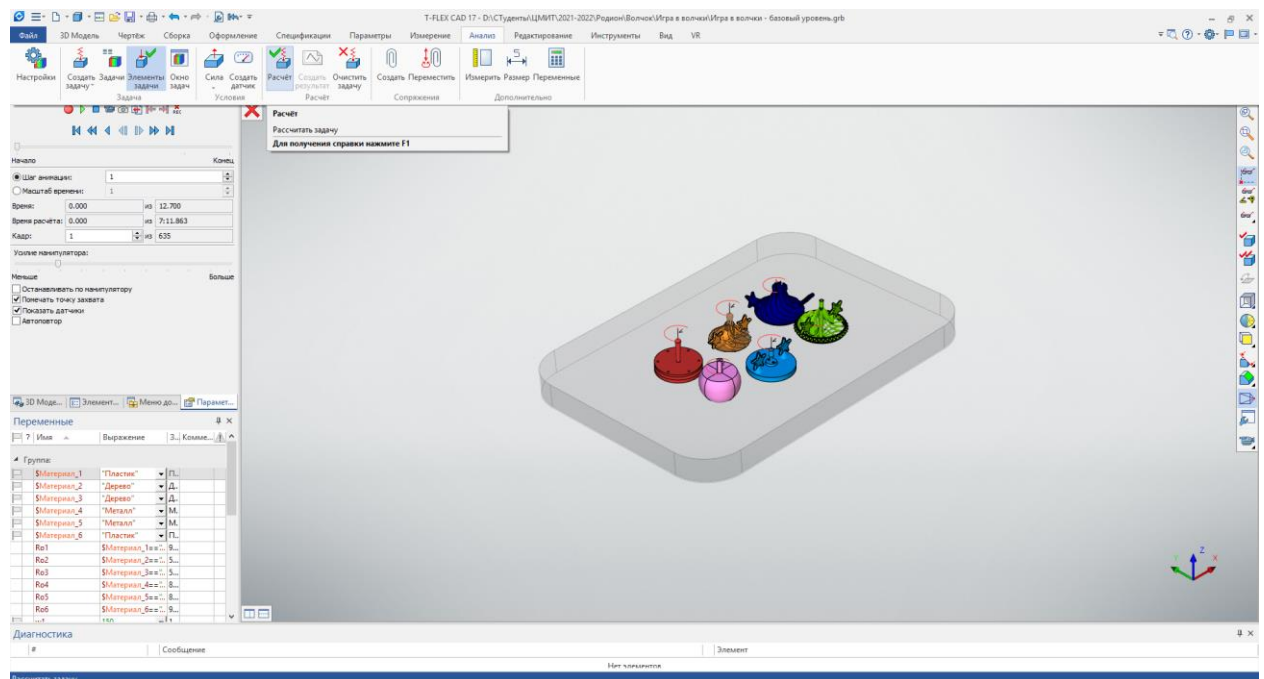


Рисунок 10 – Вылет волчков за пределы игрового поля в ходе расчета задачи анализа движения модели игры в волчки



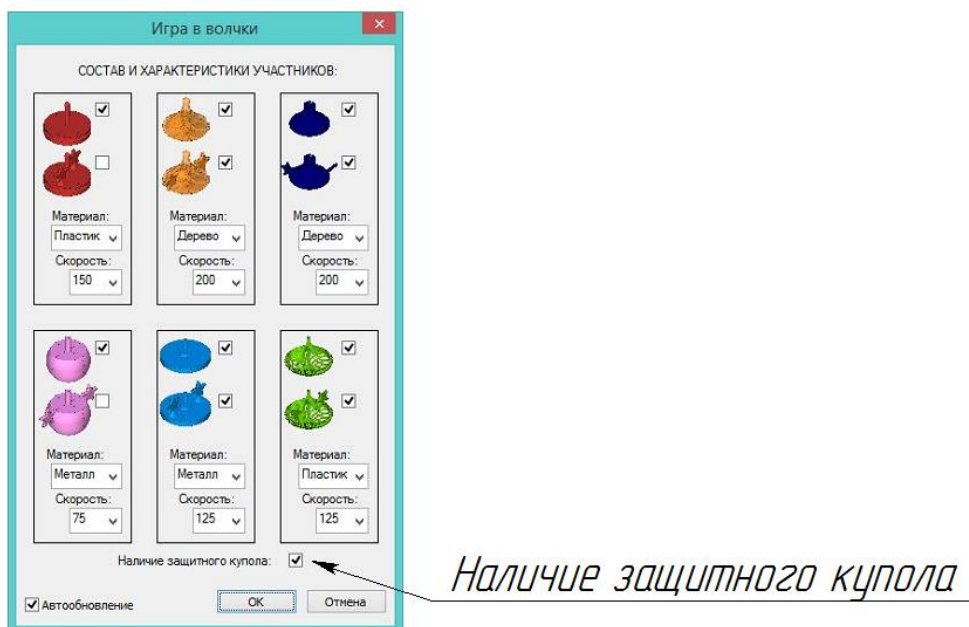


Рисунок 11 – Управление защитным куполом модели игры в волчки

Последний в ходе расчета анализа движения игры в волчки завершивший движение волчок и соответствующий ему участник игры становятся победителями. Результирующий файл игры сохраняется способом «Файл/Сборка/Перенести сборку/Вложение» с именем, соответствующим игровому коду и добавленным буквам ВЛ, например, 54432ВЛ. Такой перенос сборки обеспечивает сохранность геометрии сборочной модели в одном файле.

Параметрическое 3D-моделирование фрагментов: игровой кости, поля для игры, волчков осуществляется либо предварительно, либо в процессе реализации продвинутого уровня игры.

Поле для игры (рис. 12) выполняется в виде прямоугольника со скругленными углами, который выталкивается на определенную высоту и затем с помощью операции «Оболочка» принимает коробчатую форму.

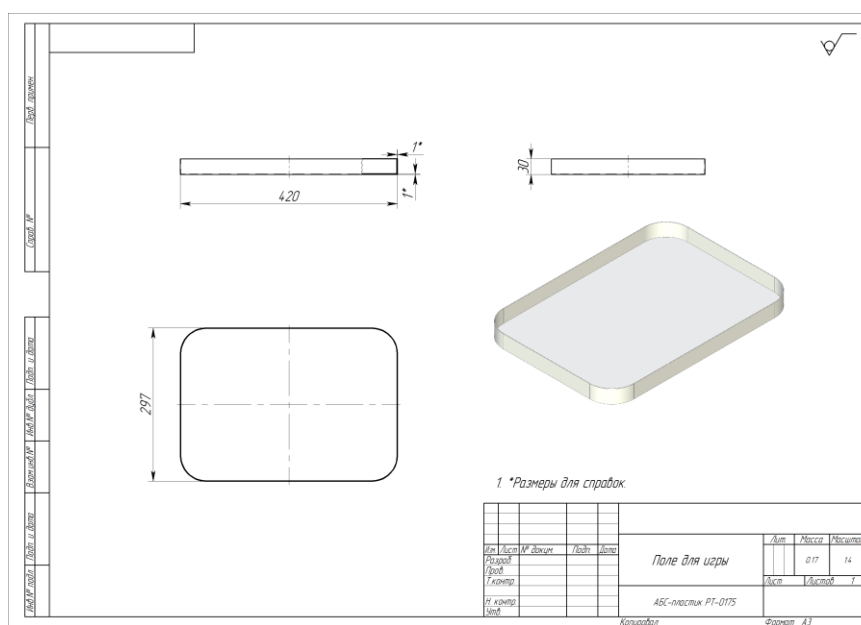


Рисунок 12 – Поле для игры



Основные понятия и методы двухмерного и трехмерного проектирования, систем конечно-элементного анализа, систем управления инженерными знаниями; основы работы в системах T-FLEX CAD, T-FLEX Динамика, базовые положения инженерной графики, возможности анимации средствами систем автоматизированного проектирования (САПР). Приобретаются следующие умения: создавать чертёж по 3D-модели изделия, используя САПР; создавать 3D-модель изделия по результатам натурного обмера изделия и/или чертежу (эскизу) изделия, используя САПР; обмениваться данными о виртуальной модели изделия между разными компьютерными приложениями; применять физико-математические методы для решения инженерных и дизайнерских задач с использованием САПР. Повышаются следующие личностные качества обучающегося: навыки самостоятельной работы; дисциплинированность, общая организованность; уверенность в работе с компьютером; профессиональная подготовка к получению инженерной профессии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Механика твердого тела. Лекции. (Университетский курс общей физики) [Текст]. – М: Изд-во Физического факультета МГУ (НЭВЦ ФИПТ), 1997 г. – 72 с.
2. Семенов М.В., Якута А.А. Механика твердого тела. Лекционный эксперимент. (Университетский курс общей физики) [Текст]. – М: Изд-во Физического факультета МГУ, 1998 г. – 32 с.
3. T-FLEX CAD 17. Руководство пользователя. 3D моделирование и 2D проектирование. [Текст]. – М: ЗАО «Топ Системы», 2021. – 2804 с.
4. T-FLEX Динамика 17. Руководство пользователя. Анализ движения [Текст]. – М: ЗАО «Топ Системы», 2021. – 47 с.