

Соревнования Junior Skills в рамках Финала I Открытого  
Чемпионата WorldSkills СЗФО, Санкт-Петербург 14-16 окт. 2015



Технический департамент
<b>Конкурсное задание</b>
Прототипирование (Prototyping)

## Конкурсное задание

Соревнования Junior Skills  
в рамках  
Финала I Чемпионата WorldSkills СЗФО,  
Санкт-Петербург

ПО КОМПЕТЕНЦИИ:

**Прототипирование, 10+, 14+**

**Создание 3D моделей и  
изготовление изделий на 3D-принтере.**

Утверждаю главный эксперт  
JuniorSkills

\_\_\_\_\_

/ Савченко И.Е. /

## 1 Регламент конкурса и общее описание задания

### 1.1 Содержание задания.

Участники должны собрать указанную конструкцию из предложенного организаторами *неполного* набора деталей. При этом необходимо смоделировать и изготовить на 3D принтере ряд недостающих деталей, которые должны быть совместимы с имеющимися в комплекте деталями. Некоторые из недостающих деталей могут быть заданы подробным чертежом, другие детали участники должны разработать сами, в соответствии с их расположением и ролью в конструкции.

### 1.2 Время выполнения заданий.

На выполнение задания, в каждой из возрастных категорий, отводится 4 часа. В расписании соревнований дополнительно предусмотрено еще 4 часа на предварительный инструктаж, мастер-классы и ознакомление с рабочими местами и оборудованием (включая выполнение тестовой распечатки и калибровку принтера). Инструктаж и собственно соревнования проводятся в разные дни, так что время пребывания детей на площадке соревнований не превышает 4-5 часов.

### 1.3 Возрастные категории

Задания для старшей (14-17 лет) и младшей (10-13 лет) категорий имеют одинаковую структуру, но отличаются по сложности. В заданиях для старшей категории:

- Собираемая конструкция имеет большее количество моделируемых деталей
- Конструкция содержит больше подвижных узлов и сочленений
- Моделируемые детали имеют более сложную геометрию

Общее количество и размер распечатываемых деталей не зависит от возрастной группы, поскольку они ограничены скоростью печати.

### 1.4 Порядок выполнения задания:

1. Включить 3D-принтер, проверить его связь с управляющей программой. В зависимости от типа используемого пластика, может быть необходимо заблаговременно включить подогрев рабочего стола принтера.
2. Внимательно ознакомиться с предложенным заданием. Разобраться, каких деталей не хватает в предоставленном комплекте, какая информация имеется по каждой из них. Оценить трудоемкость работ и распределить их между членами команды.
3. Выполнить необходимые замеры и нарисовать эскизы с простановкой размеров (в количестве, достаточном для воспроизведения деталей в 3D-модели).
4. Создавать 3D-модели каждой из недостающих деталей в одном из пакетов САПР, установленных на рабочих станциях.
5. По мере готовности моделей, экспортировать их в формат STL и выполнять 3D печать.
6. Выполнить в используемом САПР *сборочную 3D-модель* изготавливаемой конструкции. При этом для каждой детали, которую *не требуется* изготавливать, предоставляется готовая 3D-модель в нейтральном САПР-формате. Таким образом, не требуется моделировать какие-либо детали специально для создания сборки.

7. Собрать конструкцию и проверить ее работоспособность. При необходимости, выполнить доработку (обточку, рассверливание) деталей, либо исправление модели и перепечатку детали.

### **1.5 Особенности моделирования для 3D-печати**

При разработке деталей, участники конкурса должны учитывать особенности и ограничения технологии 3D-печати. А именно:

- Одна из сторон детали должна быть, по возможности, плоской, для удобства размещения на рабочем столе принтера. При необходимости, модели особенно неудобных для печати деталей можно «разрезать» на половинки, печатать эти половинки отдельно, а затем склеить.
- Распечатанные детали имеют меньшую прочность в вертикальном направлении (могут расслаиваться под нагрузкой). Поэтому длинные-узкие детали следует конструировать так, чтобы их было удобно печатать «лежа».
- В детали следует избегать использования тонких и мелких выступающих элементов толщиной менее 1.5 мм. Тонкие нагруженные элементы должны иметь стенки не менее 2.5-3 мм.
- Не следует использовать без необходимости геометрические формы, требующие при печати избыточного использования поддержек.
- Следует избегать использования лишнего материала в моделях. Используйте операцию «Оболочка» или другие приемы, чтобы облегчить малонагруженные детали. Не оставляйте ненужных торчащих «хвостов» на концах балок и т. п.
- Не изготавливайте, без необходимости, длинных и/или крупногабаритных деталей. Во-1-х, они будут печататься продолжительное время, во-2-х, велика вероятность отклеивания и загибания концов детали при печати.
- Большинство FDM-принтеров имеют систематическую погрешность при печати отверстий и тонких выступов. Отверстия получаются меньшего диаметра, чем задано в модели, а выступы - большей толщины. При моделировании, необходимо вносить в размеры соответствующую поправку. (Участникам рекомендуется, на ознакомительной части соревнования, смоделировать и распечатать пробники с отверстиями разного диаметра, чтобы экспериментально выяснить поправку для конкретного принтера).

При оценке работ, жюри экспертов учитывает *разумное следование* каждой из этих рекомендаций, оценивая пригодность сконструированных деталей для 3D-печати. Осознанное нарушение части этих рекомендаций не снижает оценку участников, если им, тем не менее, удалось получить работоспособную и элегантную деталь. Например, одна крупная деталь сложной формы, заменяющая собой «неудобный» узел предложенной легио-конструкции, может быть высоко оценена жюри, при условии, что команда ухитрилась-таки ее распечатать.

## **1.6 Профессиональные компетенции для выполнения задания.**

- Умение читать несложный чертеж.
- Умение обращаться с измерительными инструментами (линейка, штангенциркуль, транспортир) и проводить обмер детали.
- Понимание работы простых механизмов, умение самостоятельно разработать недостающую деталь по ее назначению и месту в конструкции.
- Умение моделировать в параметрической САПР (построение эскизов, нанесение размеров, создания рабочих плоскостей, выдавливания, вращения, оболочки, сопряжения и фаски, круговые и прямоугольные массивы).
- Умение учитывать при моделировании особенности и ограничения технологии термоэкструзионной 3D-печати, включая ограничения по геометрии, точности передачи размеров, прочности изделия.
- Умение работать с программой управления 3D-принтером, в том числе - оптимально разместить детали на рабочем столе и выбрать режимы печати.
- Умение работать с ручным инструментом, провести пост-обработку и подгонку изготовленных деталей, собрать изготовленную конструкцию.
- Знание правил по технике безопасности при работе с электроинструментом и нагревательными приборами.

## **1.7 Используемое ПО.**

Создание 3D-модели деталей производится в одном из пакетов параметрических САПР, по выбору участника:

- Autodesk Inventor.
- PTC Creo
- Компас 3D

Разрешается (но не рекомендуется) использование упрощенных бесплатных программ параметрического твердотельного моделирования или 3D-редакторов (Blender, SketchUp, TinkerCAD, FreeCAD, NaroCAD, 123Design и пр.). Возможность установки таких программ, либо пакетов САПР, отличающихся от перечисленных выше, должна быть предварительно согласована с организаторами.

Для управления 3D печатью используется:

- Repetier Host, Polygon Pro или аналогичное ПО, в зависимости от типа используемых 3D-принтеров.

## **1.8 Общие требования по охране труда**

Участники должны знать и строго выполнять требования по охране труда и правила внутреннего распорядка во время проведения конкурса. На конкурсном участке необходимо наличие аптечки.

За грубые нарушения требований по охране труда, которые привели к порче оборудования, инструмента, травме или созданию аварийной ситуации, участник отстраняется от дальнейшего участия в конкурсе.

## 1.9 Приблизительные критерии оценки

Приводимые критерии являются приблизительными. Полный набор критериев, отдельно по каждому возрастной категории, формируется под конкретное задание и доступен в системе CIS перед соревнованиями.

Полная оценка, «разыгрываемая» на соревновании, составляет 100 баллов. Из них 60-65 баллов относятся к этапу моделирования, 35-30 баллов этапу изготовления изделия, до 5 баллов — бонус за досрочное завершение.

### 1.9.1 Критерии оценки на этапе «моделирование»

Этап задания	Пояснения	Макс. оценка
Моделирование детали по чертежу.	<p>Оценивается точность моделирования, отклонения от чертежа не допускаются. Предлагаемый чертеж должен быть уже адаптирован под требования 3D-печати, поэтому оценка пригодности для 3D-печати не производится. Критерии:</p> <p>О1..Он: Проверка (по модели) наличия и размеров определенных элементов детали;</p>	10-15 за каждую деталь
Конструирование детали. Оценка качества конструирования.	<p>Лего-конструкция, приведенная в задании, неэффективна. Участникам предлагается спроектировать деталь по ТЗ или заменить несколько деталей конструкции одной специально разработанной деталью. Эксперты оценивают понимание участниками требований к детали, функциональность и изящность решения, а также его пригодность для 3D-печати. В зависимости от возрастной категории, в задании может быть 2-3 детали на конструирования.</p> <p>Критерии:</p> <p>О1..Он: Выполнение определенных требований ТЗ (например «обеспечивает устойчивое крепление к основанию...», «отверстия для осей размещены на расстоянии 16 мм» и т. п.)</p> <p>J: Общая оценка качества конструирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 - Плохое (примитивно, нерационально, непропорциональные элементы и т.п.)</li> <li>• 1 - доволетворительно, но есть возможность очевидных серьезных улучшений</li> <li>• 2 - Хорошо, заметны мелкие недоработки</li> <li>• 3 - Отлично, конструкция эффективна и элегантна</li> </ul> <p>Пригодность к 3D-печати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• О: В детали предусмотрена относительно плоская нижняя поверхность (нет элементов, без особой необходимости выступающих из нижней поверхности)</li> <li>• О: Отсутствуют избыточно тонкие/длинные элементы. Минимальная толщина стенок, ушек, краев отверстия не менее 1.5 мм.</li> <li>• О: Тонкие нагруженные элементы не оказываются размещенными вертикально (учтена меньшая прочность по слоям)</li> <li>• J: Экономия материала: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 0 — конструкция очевидно неэффективна, содержит бесполезные (избыточные) элементы</li> <li>◦ 1 — конструкция может быть существенно оптимизирована по массе очевидными способами</li> </ul> </li> </ul>	10-20 за каждую деталь

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 2 — конструкция может быть незначительно оптимизирована по массе очевидными способами</li> <li>◦ 3 — по использованию материала деталь близка к оптимальной.</li> </ul>	
Создание сборочной модели. Оценка владения сборочным моделированием	Создание сборочной модели в САПР. Эксперты оценивают правильность размещения деталей и установки сборочных зависимостей. Отдельно оценивается наличие анимации, если таковая представлена.	10-15
	<b>Итого баллов за «моделирование» (включая пригодность для 3D-печати):</b>	<b>60-65</b>

О – объективная оценка (критерий «objective» в системе CIS)

С – судейская оценка (критерий «judgement» в системе CIS)

### 1.9.2 Критерии оценки на этапе «прототипирование».

тип оценки	Название критерия	Пояснения	Макс. оценка
О	Количество изготовленных и использованных деталей	Если участнику не удастся изготовить за время соревнования пригодную для использования деталь, участник имеет право попросить у организаторов готовые Лего-детали на замену, как в спецификации задания. При этом хотя бы одна изготовленная деталь в конструкции должна быть использована. Таким образом, фактическое количество самодельных деталей может быть меньше требуемого, что отражается на оценке. Например, 3 из 4-х деталей дают 15 баллов из 20.	20
J	Качество изготовленных деталей	Эксперты оценивают качество детали по серьезности пост-обработки, необходимой для использования детали в готовой конструкции (например, надо ли рассверливать отверстия). На качество влияет как введение поправок в размеры на этапе моделирования, так и правильный подбор режимов печати.	5
J	Постобработка и качество готовой конструкции	Поддержки аккуратно удалены, конструкция собрана, не разваливается, подвижные соединения движутся гладко и без люфтов.	5
О	Организация рабочего места	Баллы добавляются всем командам, поддерживавшим в течение конкурса порядок на рабочем месте и аккуратно убравшим после себя.	5
Итого:			35

### 1.9.3 Бонус за время выполнения.

Тип критерия в CIS – “Procent Score Comparison”. За скорость дается 5 или менее баллов. Основное назначение этого критерия - при равном количестве баллов, давать преимущество участнику, выполнившему задания быстрее.

## 1.10 Оборудование и материалы

### Оборудование и материалы на каждую команду:

Оборудование	Кол-во
ПК (с характеристиками, достаточными для комфортной работы в САПР) с установленными САПР и ПО для управления 3D-принтером.	2
3d-принтер (Picaso Designer) с пластиком PLA	1
Стол и стулья в необходимом количестве	2+2
Задание (Комплект деталей и информационных карточек)	1
Штангенциркуль цифровой	1
Линейка	1
Транспортир	1
Карандаши	2

### Общее оборудование, доступное для всех команд

Оборудование	Кол-во
Узкогубцы	2-3 шт.
Кусачки	2-3 шт.
Набор надфилей	1
Набор сверл и электродрель (шуруповерт) для обработки отверстий	1
Паяльный фен (для горячей посадки деталей)	1
«Суперклей»	2-3 шт.
Бумага (белая, А4, 80г/м2)	1 пачка
Аптечка	1 шт.

## 2 Задания по возрастам.

### 2.1 Задание «Прототипирование 10-13»



«Сверильный станок»  
Конкурсное задание по компетенции  
«Прототипирование», возраст 10-13 лет.  
Время на выполнение задания – 4 часа.



#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ И ХОД РАБОТЫ

Для выполнения данного задания вашей команде потребуется:

- смоделировать по предложенным чертежам две детали: держатель мотора и режущий инструмент;
- выпилить 3D сборку станка;
- спроектировать две недостающие детали: рукоятку и стол;
- изготовить смоделированные детали на 3D принтере;
- высверлить с помощью станка отверстие в предложенном материале.

**Важно!**

Планируйте работу команды так, чтобы успеть изготовить все необходимые детали на 3D принтере\*.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ЗАДАНИЯ

##### 1. Моделирование деталей по чертежам.

- В первую очередь, рекомендуем смоделировать и изготовить держатель мотора.
- Используя чертеж, постройте модель режущего инструмента. Обратите внимание, что на чертеже показана только рабочая часть инструмента. Создайте хвостовик так, чтобы в него можно было вставить ось Lego.

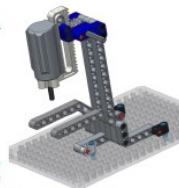


Рисунок 1 Общий вид станка

##### 2. Сборка 3D модели станка

- 2.1. Создайте в САПР сборочную модель станка, используя готовые модели деталей из папки, указанной ведущим, а также созданные вами модели деталей. При сборке пользуйтесь рис. 1 и 2.
- 2.2. Используйте сборочные зависимости, чтобы связать детали между собой. Только подставка может быть зафиксирована.
- 2.3. Установите сборочную зависимость зубчатого колеса и зубчатой рейки, позволяющую вращением оси поднимать и опускать узел шпинделя.
- 2.4. Сохраните в свою рабочую папку сборку и все используемые в сборке детали.

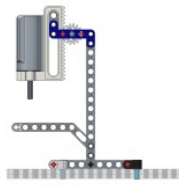


Рисунок 2 Вид сбоку

\* Время печати держателя мотора приблизительно 30 мин.

Составитель: Гаткин Иван Юрьевич

#### 3. Проектирование и изготовление недостающих деталей

Вам понадобится самостоятельно спроектировать несколько деталей, ориентируясь на рис. 3\*\*.

##### 3.1. Проектирование рукоятки

- Для удобства перемещения режущего инструмента по вертикали, спроектируйте рукоятку для станка.
- Предусмотрите крепление рукоятки к оси Lego.
- Обратите внимание на то, что лучи рукоятки не должны быть слишком тонкими. Можно спроектировать ступицу рукоятки так, чтобы использовать в качестве лучей ось Lego.



Рисунок 3 Сверильный станок

##### 3.2. Проектирование стола

- Стол предназначен для размещения заготовки. Поверхность стола должна быть гладкой с отверстием в центре стола для беспрепятственного прохождения режущего инструмента.
- Толщину стола не следует делать более 3 мм. С нижней стороны стола можно разместить ребра жесткости и элементы крепления.
- Стол должен крепиться к угловым балкам, отмеченным на рис. 4

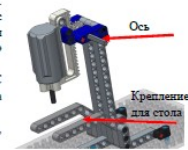


Рисунок 4

#### 4. Сборка из деталей Lego

- 4.1. Соберите из предложенных вам деталей и установите на подставку модель станка.
- 4.2. Вращая ось, отмеченную на рис. 4, проверьте правильность сборки – режущая балка должна сдвигаться по вертикали вместе с держателем мотора.

#### 5. Окончательная сборка и завершение работы

- 5.1. На сборочной модели, еще раз проверьте подъем-опускание узла шпинделя при вращении ручки. Убедитесь, что все ваши файлы сохранены в папке команды.
- 5.2. Установите распечатанные детали в сборку и высверлите отверстие в предложенном материале. Постарайтесь добиться наилучшего результата.
- 5.3. По окончании всех работ сдайте ведущим свое изделие, все оставшиеся детали Lego и произведите уборку рабочего места. За оставленный беспорядок команде снижается балл.

\*\* Изображение сверильного станка приведено в качестве примера. Не старайтесь в точности копировать указанные детали.

Составитель: Гаткин Иван Юрьевич



## 2.2 Задание «Прототипирование 14-17»



«Электролобзик»  
Конкурсное задание по компетенции  
«Прототипирование», возраст 14-17 лет.  
Время на выполнение задания – 4 часа.



Краткое описание и ход работы.

- Спроектируйте недостающие детали, как описано в задании. Подготовьте их к печати и, по мере готовности принтера, запустите на печать.
- Выполните сборку лобзика из готовых Lego-деталей и деталей, изготовленных Вами;
- Параллельно с этим, создайте сборочную 3D-модель лобзика;
- Проверьте работу лобзика, выпилите логотип в предложенном материале.

Подробное задание

### 1. Проектирование и изготовление деталей

Вам понадобится самостоятельно спроектировать несколько деталей. По мере готовности деталей, сохраняйте их, затем экспортируйте в формате STL и распечатайте на 3D принтере. Очень важно: проектируйте детали таким образом, чтобы расход пластика был минимальным, но деталь получалась достаточно прочной. Сохраните окончательные версии G-Code трёх разработанных Вами деталей.



#### 1.1. Проектирование подвижной части лобзика

- Проанализируйте конструкцию подвижной части. Вместо желтой 3-модульной балки, должна устанавливаться шпилька. Посмотрите, какие элементы подвижной части важны, какие - нет. Подвижная часть должна свободно двигаться вдоль направляющего балок и не перекашиваться во время работы. Ваша задача заменить подвижную часть одной деталью.
  - В подвижной части должны быть предусмотрены два отверстия для крепёжных осей 16мм (на фото 24 мм), с помощью которых к ней будет крепиться шпилька. Сохраните G-Code.



Составитель: Васильев Дмитрий Олегович

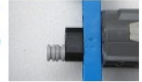
### 1.2. Проектирование шпильки

- В Вашем выборе деталей нет шпильки. Её нужно спроектировать.
- Рассчитайте вертикальный ход шпильки. Шпилька должна быть достаточной длины, чтобы лобзик пропил лист пенопласта толщиной 4 мм, но не слишком длинной, чтобы не печатать лишнего.
- Шпилька должна надежно присоединяться к подвижной части лобзика (например, Lego-шпильками, как желтая деталь на рисунке).
- При выборе размера зуба, толщины и ширины шпильки принимайте во внимание особенности 3D печати. Экономьте пластик. Сохраните G-Code.



### 1.3. Проектирование кривошипа

- Замените 4 детали образующие кривошип одной деталью. Кривошип должен присоединяться к валу двигателя.
- Проанализируйте, где нужно оставить достаточный зазор, где деталь должна сидеть плотно.
- Сохраните G-Code.



### 2. Сборка 3D модели станка

- 2.1. Создайте в САПР сборочную модель лобзика, используя готовые модели деталей из шпильки, указанной в задании, а также созданные вами модели деталей.
- 2.2. Используйте сборочные зависимости, чтобы связать детали между собой
- 2.3. Установите сборочную зависимость зубчатого кривошипа и подвижной части, позволяющую вращением оси приводить в движение механизм.
- 2.4. Сохраните в свою рабочую папку сборку и все используемые в сборке детали.

### 3. Сборка из деталей Lego

- 3.1. Соберите из предложенных вам деталей модель лобзика, руководствуясь рисунками.
- 3.2. Включите лобзик, попробуйте, как он режет
- 3.3. При необходимости, и если остаётся время, внесите изменения в конструкцию деталей, распечатайте новые.

### 4. Изготовление логотипа

- 4.1. На выданном Вам куске пенопласта разметьте и выпилите логотип JS. Протиски можно делать только вдоль контура букв, торцы букв можно отламывать.

### 5. Завершение работы

- 5.1. На сборочной 3D модели, еще раз проверьте работу механизма. Убедитесь, что все Ваши файлы сохранены в папке команды: модели деталей, сборки(и), STL, G-Code.
- 5.2. По окончании всех работ слейте воздушный свое изделие, все оставшиеся Lego-детали и проведите уборку рабочего места. За оставленный беспорядок команде снимается балл.



Составитель: Васильев Дмитрий Олегович