

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

## КОМПЕТЕНЦИЯ «Реверсивный инжиниринг»

Организация WorldSkills Russia (WSR) с согласия технического комитета в соответствии с уставом организации и правилами проведения конкурсов установила нижеизложенные минимально необходимые требования владения этим профессиональным навыком для участия в конкурсе.

Техническое описание включает в себя следующие разделы:

1. ВВЕДЕНИЕ
2. КВАЛИФИКАЦИЯ И ОБЪЕМ РАБОТ
3. КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ
4. УПРАВЛЕНИЕ НАВЫКАМИ И КОММУНИКАЦИЯ
5. ОЦЕНКА
6. ОТРАСЛЕВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ
7. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
8. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО НАВЫКА ПОСЕТИТЕЛЯМ И ЖУРНАЛИСТАМ
9. ПРИЛОЖЕНИЕ

Дата вступления в силу:

\_\_\_\_\_ Тымчиков Алексей, Технический директор WSR

\_\_\_\_\_ ФИО, эксперт WSR

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

### ***1.1. Название и описание компетенции***

1.1.1 Название профессионального навыка:  
Реверсивный инжиниринг (обратное проектирование)

#### 1.1.2 Описание компетенции

Областью деятельности специалистов по реверсивному инжинирингу является создание производственных проектов на основе уже существующих изделий с целью анализа, улучшения, ремонта или копирования.

Реверсивный инжиниринг необходим там, где:

- требуется запуск нового производства,
- ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки,
- осуществляется ремонт уникального оборудования,
- создается заново утраченная технологическая документация.

Специалисты в области реверсивного инжиниринга занимаются 3D сканированием, конструированием, компьютерным моделированием и анализом в значительном числе направлений от промышленного производства и НИОКР до механической реставрации раритетной техники, музейных экспонатов и архитектурных объектов культурного наследия.

Реверсивный инжиниринг базируется на оцифровке и компьютерном моделировании, но также требует знаний в области механики, материаловедении и промышленных технологий.

Компьютерные технологии, применяемые в реверсивном инжиниринге - это различные технологии объемной оцифровки (оптические, лазерные, ультразвуковые, контактные и магнитно-резонансные) а так же компьютерного моделирования и исследования материалов.

### ***1.2. Область применения***

1.2.1 Каждый Эксперт и Участник обязаны ознакомиться с данным Техническим описанием.

### ***1.3. Сопроводительная документация***

1.3.1 Поскольку данное Техническое описание содержит лишь информацию, относящуюся к соответствующей профессиональной компетенции, его необходимо использовать совместно со следующими документами:

- «WorldSkills Russia», Правила проведения конкурса;
- «WorldSkills International», «WorldSkills Russia»: онлайн-ресурсы, указанные в данном документе;
- Регламент чемпионата
- Кодекс этики
- Правила техники безопасности и санитарные нормы.

## **2. КВАЛИФИКАЦИЯ И ОБЪЕМ РАБОТ**

Конкурс проводится для демонстрации и оценки квалификации в данном виде мастерства. Конкурсное задание состоит только из практических заданий.

### ***2.1. Требования к квалификации***

Участник чемпионата должен уметь:

- Работать с трехмерными системами в формате CAD;
- Подготавливать двухмерные и трехмерные чертежи и 3D модели;
- Обрабатывать облако точек в специализированном ПО;
- Настраивать бесконтактное измерительное оборудование и проводить измерения (оцифровку);
- Пользоваться ручным измерительным инструментом;
- Осуществлять операции по разборке/сборке деталей механизмов

Участник чемпионата должен обладать знанием и пониманием следующих областей:

- Процедура калибровки бесконтактного измерительного оборудования;
- Понятие «облака точек»;
- Методы извлечения примитивов и криволинейных поверхностей из облака точек;
- Векторный метод обратного проектирования;
- Основы машиностроения;
- Методики сравнения актуальных и номинальных данных;
- Дизайн;
- Программное обеспечение 3D-CAD (например, Inventor, SolidWorks, ProE и т.д.);
- Характеристики, риски и методы создания управляющих программ для ЧПУ станков;
- ЕСКД;
- Создание деталей, сборка и выполнение чертежей при помощи программного обеспечения 3D-CAD, включая определение габаритов;
- Риск и применение баллонов с аэрозолями;
- Использование измерительных инструментов;
- Техника безопасности при обращении с механизмами для оцифровки;
- Техника безопасности и санитарным нормы принимающей страны.

### ***2.2 Теоретические знания***

2.2.1 Теоретические знания необходимы, но они не подвергаются явной проверке.

2.2.2 Знание правил и постановлений не проверяется.

### ***2.3 Практическая работа***

Участник должен самостоятельно выполнить следующую практическую работу:

- Создание CAD-модели изделия по облаку точек (участник не может видеть изделие вживую);
- Создание чертежей по 3D-модели;
- Оцифровка изделий из разных материалов;
- Комбинированное обратное проектирование (ручной измерительный инструмент + бесконтактные измерительные установки);
- Внесение изменений в полученную 3D-модель согласно КЗ;
- Контроль точности проектирования и анализ конфликтов сборки.

### **3 КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ**

#### ***3.1 Формат и структура Конкурсного задания***

Конкурсное задание представляет собой серию из 5 модулей.

Модуль «А»: Обратное проектирование детали передачи вращательного движения;

Модуль «В»: Оцифровка корпусной детали и ее обратное проектирование

Модуль «С»: Обратное проектирование детали по облаку точек и сопрягаемым деталям и элементам;

Модуль «D»: Анализ конфликта сборки;

Модуль «Е»: Создание чертежей;

#### ***3.2 Требования к проекту Конкурсного задания***

Конкурсное задание должно представлять собой хорошо известный объект для специалистов всего мира, изучавших или изучающих механику.

Участники получают облако точек, изделие и техническое описание конкурсного задания.

Конкурсное задание не публикуется и является секретным.

#### ***3.3 Разработка конкурсного задания***

Конкурсное задание необходимо составить по образцам, представленным «WorldSkills Russia» (<http://forum.worldskills.ru/>). Используйте для текстовых документов шаблон формата Word, а для чертежей – шаблон формата DWG, PDF.

##### **3.4.1 Кто разрабатывает конкурсные задания / модули**

Главный эксперт занимается разработкой конкурсного задания, при этом он не имеет право представлять на конкурсе своего участника и является независимым лицом.

### 3.3.3 Когда разрабатывается конкурсное задание

Конкурсное задание разрабатывается до начала текущего чемпионата, согласно регламентирующим документам чемпионата.

## 3.4 *Схема выставления оценок за конкурсное задание*

Каждое конкурсное задание должно сопровождаться проектом схемы выставления оценок, основанным на критериях оценки, определяемой в Разделе 5.

3.4.1 Проект схемы выставления оценок разрабатывает лицо (лица), занимающееся разработкой конкурсного задания. Подробная окончательная схема выставления оценок разрабатывается и утверждается всеми Экспертами на конкурсе.

3.4.2 Схемы выставления оценок необходимо подать в CIS (Автоматизированная система управления соревнованиями) до начала конкурса, согласно регламентирующим документам чемпионата.

## 3.5 *Утверждение конкурсного задания*

На конкурсе все Эксперты разбиваются на группы. Каждой группе поручается проверка выполнимости одного из отобранных для конкурса заданий. От группы потребуется:

- Проверить наличие всех документов
- Проверить соответствие конкурсного задания проектным критериям
- Убедиться в выполнимости конкурсного задания за отведенное время
- Убедиться в адекватности предложенной системы начисления баллов
- Если в результате конкурсное задание будет сочтено неполным или невыполнимым, оно отменяется и заменяется запасным заданием.

## 3.6 *Обнародование конкурсного задания*

Конкурсное задание не обнародуется.

### **3.7 *Согласование конкурсного задания (подготовка к конкурсу)***

Согласованием конкурсного задания занимаются: Главный эксперт и Технический директор.

### **3.8 *Изменение конкурсного задания во время конкурса***

Во время чемпионата (подготовительные дни), все Эксперты согласуют между собой, какие 30% изменений следует внести в каждый выбранный модуль конкурсного задания. Изменения вносит профессиональный ассистент (В случае предварительного обнародования задания).

### **3.10 *Материала или инструкции производителя***

Организатор чемпионата информирует Экспертов о спецификациях материалов, необходимых для конкурсного задания, при помощи Инфраструктурного списка, предоставляемого WorldSkills за 6 месяцев до начала чемпионата.

## **4. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЕЙ**

### **4.1 *Дискуссионный форум***

До начала чемпионата все обсуждения, обмен сообщениями, сотрудничество и процесс принятия решений по какому-либо профессиональному навыку происходят на дискуссионном форуме, посвященном соответствующей специальности (<http://forum.worldskills.ru/>). Все решения, принимаемые в отношении какого-либо навыка, имеют силу лишь, будучи принятыми на таком форуме. Модератором форума является Главный эксперт (или Эксперт, назначенный на этот пост Главным экспертом). Временные рамки для обмена сообщениями и требования к разработке чемпионата устанавливаются Правилами чемпионата.

### **4.2 *Информация для участников конкурса***

Всю информацию для зарегистрированных участников конкурса можно получить на сайте (<http://www.worldskills.ru>).

Такая информация включает в себя:

- Правила конкурса
- Технические описания
- Конкурсные задания
- Другую информацию, относящуюся к конкурсу.

#### **4.3 Конкурсные задания**

Обнародованные конкурсные задания можно получить на сайте [worldskills.ru](http://worldskills.ru), если принято решение о обнародовании.

#### **4.4 Текущее руководство**

Текущее руководство определяется «Дорожной картой проведения чемпионата», который составляет Оргкомитет чемпионата, возглавляемый Главным экспертом. Оргкомитет чемпионата состоит из Председателя жюри, Главного эксперта и Заместителя Главного эксперта.

## 5. ОЦЕНКА

В данном разделе описан процесс оценки конкурсного задания / модулей Экспертами. Здесь также указаны характеристики оценок, процедуры и требования к выставлению оценок.

### 5.1 *Критерии оценки*

В данном разделе приведен пример назначения критериев оценки и количества выставяемых баллов (субъективные и объективные). Общее количество баллов по всем критериям оценки составляет 100.

Модуль «А»;;

Модуль «В»:

Модуль «С»;;

Модуль «D»;;

Модуль «Е»;;

Раздел	Критерий	Оценки		
		Субъективная (если это применимо)	Объективная	Общая
А	Модуль А – Обратное проектирование детали передачи вращательного движения	0	20	20
В	Модуль В – Оцифровка корпусной детали и ее обратное проектирование	0	35	35
С	Модуль С – Обратное проектирование детали по облаку точек и сопрягаемым	0	20	20

	деталям и элементам			
D	Модуль D – Сборка и анализ конфликтов сборки	0	15	15
E	Модуль E – Создание чертежей	0	10	10
Итого =		0	100	100

### 5.2 *Субъективные оценки*

Баллы начисляются по шкале от 1 до 10.

### 5.3 *Критерии оценки мастерства*

Модуль 1 – Обратное проектирование детали передачи вращательного движения  
Скорость настройки оборудования;

- Значение отклонения по окончании калибровки;
- Целостность облака точек детали;
- Корректность «собирания» облака точек;
- Наличие артефактов на облаке точек;
- Обработка и выравнивание облака точек;
- Устранение дефектов оцифровки;
- Извлечение поверхностей и примитивов;
- Возможность внесения изменений в спроектированную деталь;
- Правильность размеров;

Модуль 2 – Оцифровка корпусной детали и ее обратное проектирование

- Значение отклонения по окончании калибровки;
- Целостность облака точек детали;
- Корректность «собирания» облака точек;
- Наличие артефактов на облаке точек;
- Обработка и выравнивание облака точек;
- Устранение дефектов оцифровки;
- Извлечение поверхностей и примитивов;
- Правильность размеров;
- Возможность внесения изменений в спроектированную деталь;
- Правильность размеров;

Модуль 3 – Обратное проектирование детали по облаку точек

- Обработка и выравнивание облака точек;
- Устранение дефектов оцифровки;
- Извлечение поверхностей и примитивов;
- Правильность размеров;
- Возможность внесения изменений в спроектированную деталь;
- Правильность размеров;

#### Модуль 4 – Сборка и анализ конфликтов сборки али

- Создание сборки;
- Создание схемы сборки;
- Анализ конфликтов;
- Внесение изменений в модели (в случае необходимости);
- Сопоставление построенных моделей с исходными полигональными моделями и определение отклонений;

#### Модуль 5 – Создание чертежей

- Создание пакета чертежей для изготовления агрегата.

### **5.4 Регламент оценки мастерства**

- Оцениваемые параметры и распределение оценок – по решению Экспертов, принимаемому до начала чемпионата.
- Для обеспечения открытости, каждый участник получает оценочную ведомость, идентичную тем, что используются Экспертами.
- Главный Эксперт и Заместитель Главного эксперта распределяют всех Экспертов по группам для выставления оценок, принимая во внимание опыт участия Эксперта в предыдущих чемпионатах, его культурную принадлежность, язык и континент.
- Если Эксперты имеют возможность производить замеры цифровым мерительным прибором для объективности оценки, им необходимо принять соответствующее решение и организовать это до начала чемпионата. В таком случае, измерениями занимается профессиональный ассистент, хорошо знакомый с данным оборудованием.
- Когда модуль оценивается по субъективным и объективным критериям, субъективная оценка выполняется первой (каждый день, когда выставляются оценки).
- Каждый выполненный модуль оценивается при помощи прогрессивной системы начисления баллов.

### **5.5. Измерение оценки мастерства**

#### Объективная оценка

Баллы начисляются по шкале от 0 до 2, в зависимости от используемого оборудования допуск на размеры может быть изменен.

2 =  $\pm 0$  до  $\pm 0,2$

1,5 =  $\pm 0,21$  до  $\pm 0,3$

1 =  $\pm 0,31$  до  $\pm 0,4$

0,5 =  $\pm 0,41$  до  $\pm 0,5$

0,25 =  $\pm 0,51$  до  $\pm 1,0$

0,1 = выше  $\pm 1,0$

0 = не закончено

Углы

+/- 30' = 2 балла

+/- 1° = 1 балл

Выше 1° = 0 баллов

Скругления и радиусы

+/- 0,2мм = 2 балла

Выше 0,2 мм = 0,75 балла

Не выполнялось = 0 баллов

## **6. ОТРАСЛЕВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

См. документацию по технике безопасности и охране труда конкурса.

## **7. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

### **7.1 *Инфраструктурный лист***

В Инфраструктурном листе перечислено все оборудование, материалы и устройства, которые предоставляет Организатор конкурса.

С Инфраструктурным листом можно ознакомиться на веб-сайте организации:  
<http://www.worldskills.ru>

В Инфраструктурном листе указаны наименования и количество материалов и единиц оборудования, запрошенные Экспертами для следующего конкурса. Организатор конкурса обновляет Инфраструктурный лист, указывая необходимое количество, тип, марку/модель предметов. Предметы, предоставляемые Организатором конкурса, указаны в отдельной колонке.

В ходе каждого конкурса, Эксперты рассматривают и уточняют Инфраструктурный лист для подготовки к следующему конкурсу. Эксперты дают Техническому директору рекомендации по расширению площадей или изменению списков оборудования.

В ходе каждого конкурса, Технический директор WSR проверяет Инфраструктурный лист, использовавшийся на предыдущем конкурсе.

В Инфраструктурный лист не входят предметы, которые участники и/или Эксперты WSR должны приносить с собой, а также предметы, которые участникам приносить запрещается. Эти предметы перечислены ниже.

**7.2 *Материалы, оборудование и инструменты, которые участники имеют при себе в своем инструментальном ящике***

- Перечень Стандартов
- Технические руководства
- Инструменты для черчения вручную
- Измерительные инструменты (минимальный набор представлен в инфраструктурном листе )
- Организатор конкурса обязан предоставить идентичные инструменты всем участникам

**7.3 *Материалы, оборудование и инструменты, предоставляемые Экспертами***

Не используются.

#### 7.4 *Материалы и оборудование, запрещенные на площадке*

Любые материалы и оборудование, имеющиеся при себе у участников, необходимо предъявить Экспертам. Жюри имеет право запретить использование любых предметов, которые будут сочтены не относящимися к автоматизированному проектированию и CAD, или же могущими дать участнику несправедливое преимущество.

## 8. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАСТЕРСТВА ПОСЕТИТЕЛЯМ И ЖУРНАЛИСТАМ

### 8.1. Максимальное вовлечение посетителей и журналистов

Ниже приводятся идеи, позволяющие максимизировать вовлечение посетителей и журналистов в процесс:

- Демонстрационная зона анализа материалов (твердомеры, дюрометр, спектральный анализ);
- Демонстрационные экраны;
- Описание конкурсного задания;
- Перспективы карьеры;
- Ежедневные отчеты о ходе чемпионата.

### 8.2. Самодостаточность

- Повторная переработка;

## Приложение к Техническому описанию компетенции

### Лист функциональной информации

#### Компетенция «Название компетенции»

1	Название компетенции	Реверсивный инжиниринг
2	Количество модулей	5
3	Количество модулей WSI	-

5	Номер модуля	Необходимые навыки для выполнения модуля
5.1	А Обратное проектирование детали передачи вращательного движения	Работа с оптической установкой бесконтактной оцифровки, калибровка оборудования, частичная оцифровка изделия, «склейка кадров» в единое облако точек, обработка облака точек, выравнивание относительно глобальной системы координат, устранение артефактов оцифровки, извлечение криволинейных поверхностей и сопряжение их между собой, извлечение примитивов. Построение CAD-модели изделия, подготовка чертежей.
5.2	В Оцифровка корпусной детали и ее обратное проектирование	Оцифровка изделия, «склейка кадров» в единое облако точек, обработка облака точек, выравнивание относительно глобальной системы координат, устранение артефактов оцифровки, извлечение криволинейных поверхностей и сопряжение их между собой, извлечение примитивов. Построение CAD-модели изделия, подготовка чертежей.
5.3	С – Обратное проектирование детали по облаку точек и сопрягаемым деталям и элементам	Обработка облака точек, выравнивание относительно глобальной системы координат, устранение артефактов оцифровки, извлечение криволинейных поверхностей и сопряжение их между собой, извлечение примитивов. Построение CAD-модели изделия, подготовка

		чертежей.
5.4	D Сборка и анализ конфликтов сборки	Создание компьютерной сборки; Проверка сборки на отсутствие конфликтов; Создание схемы сборки; Осуществление сопоставления построенных моделей с исходными полигональными моделями и определить отклонение.
5.5	E Создание чертежей	Создание чертежей на изделие.