

# Цель работы:

- Ознакомиться с популярными аддитивными технологиями 3D-печати сложных металлических изделий;
- Изучить причины появления деформаций и остаточного напряжения. Ознакомиться со способами их минимизирования
- Ознакомиться с существующим программным обеспечением для прогнозирования деформаций и остаточного напряжения.
- Провести прогнозирование остаточного напряжения и деформаций изделия в программном обеспечении по заданной 3D-модели.

# Аддитивные технологии

**Аддитивные технологии** (от английского Additive Fabrication) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели методом послойного добавления материала

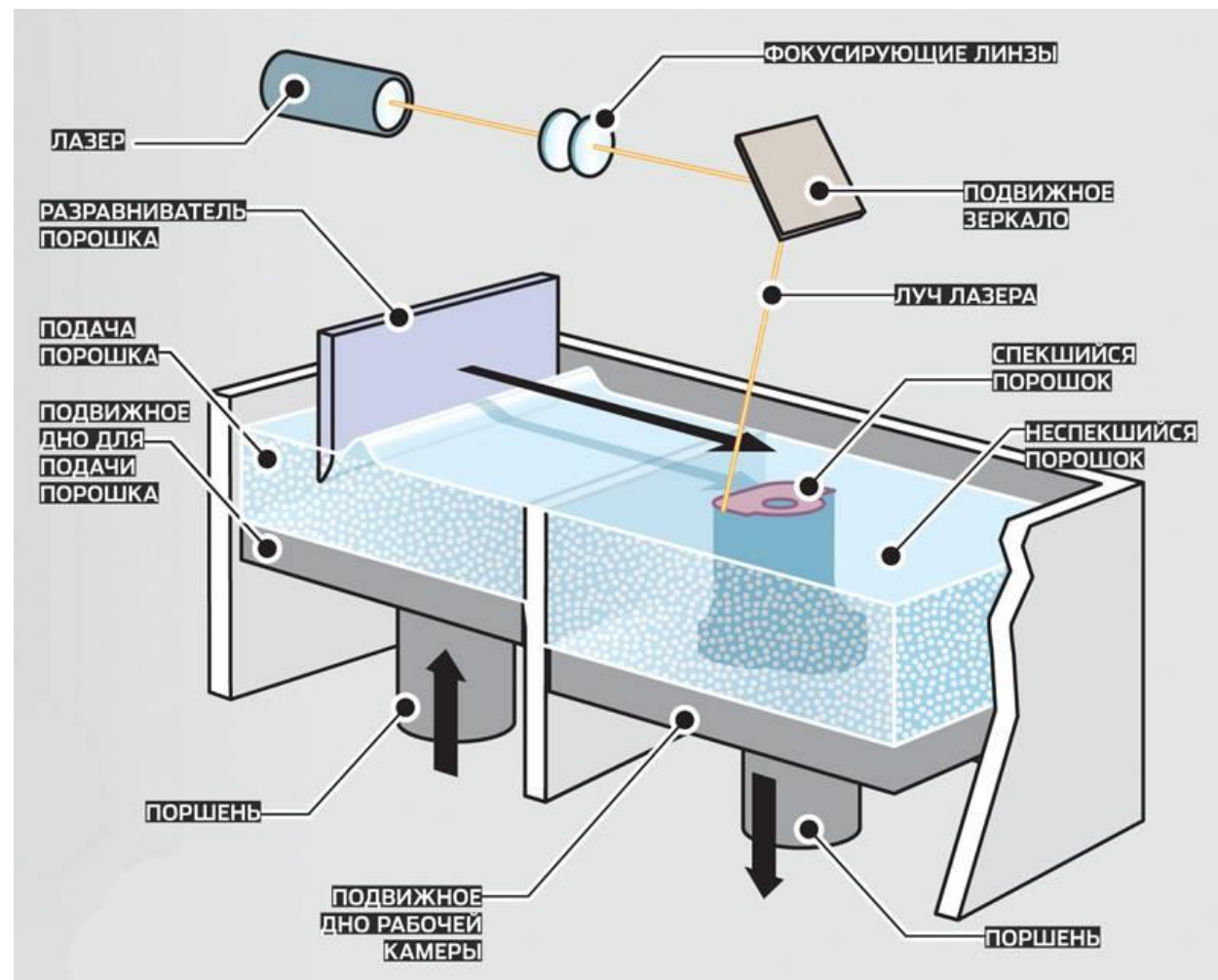
## **Область применения аддитивных технологий:**

- строительство;
- сельскохозяйственная промышленность;
- машиностроение;
- судостроение;
- космонавтика;
- медицина и фармакология.

# SLM или Selective laser melting

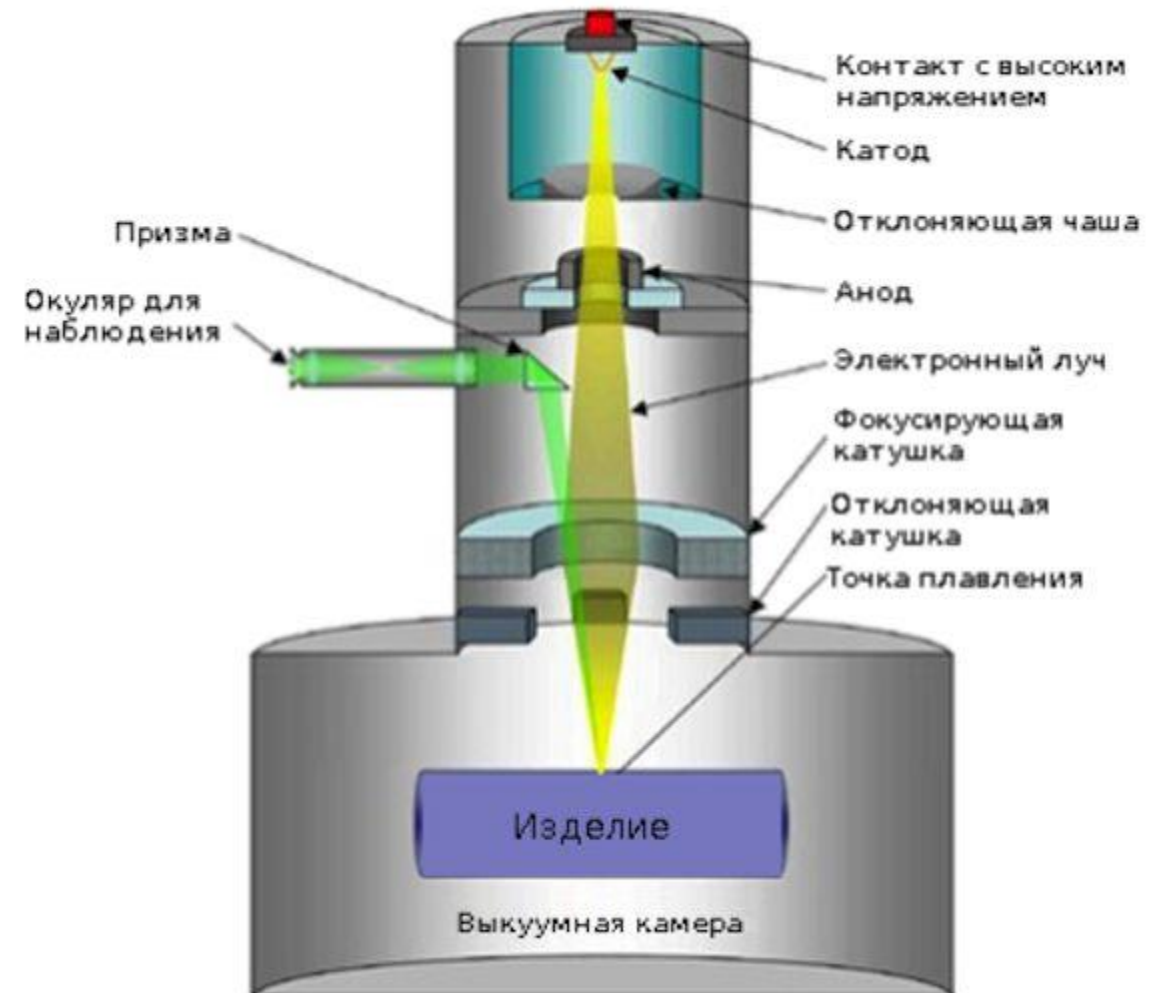
Это технология производства сложных изделий посредством лазерного плавления металлического порошка по математическим CAD-моделям

камера SLM-машины заполнена инертным газом (аргоном или азотом).



# EBM или Electron Beam Melting

Электронно-лучевая плавка.  
Главное отличие от SLM заключается в использовании электронных излучателей (т.н. электронных пушек). В основе технологии лежит использование электронных пучков высокой мощности для сплавления металлического порошка в вакуумной камере.



# DMLS или direct metal laser sintering

В технологии DMLS частицы порошка нагреваются меньше и спекаются между собой, не переходя в жидкую фазу, а в SLM лазер расплавляет металлический порошок.



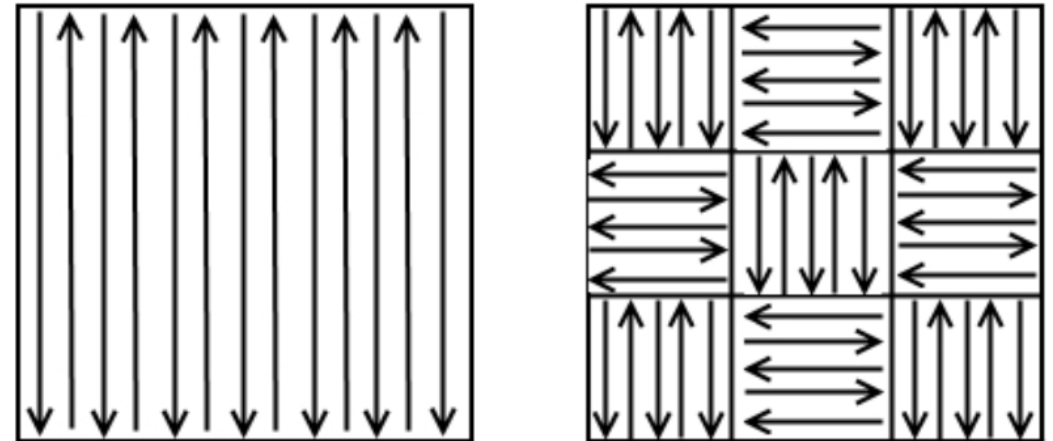
Печатать можно практически из любого металла и сплава, находящихся в форме порошка. Титан, сталь, нержавейка - все это может использоваться для производства детали.

# Остаточное напряжение

- Остаточное напряжение появляется в изделие в процессе термообработки, при переходе из жидкого агрегатного состояния в твёрдое, при механической воздействию или обработке.
- Остаточное напряжение приводит к уменьшению прочности и максимально допустимой нагрузки, на которую будет рассчитано изделие.

# Способы устранения

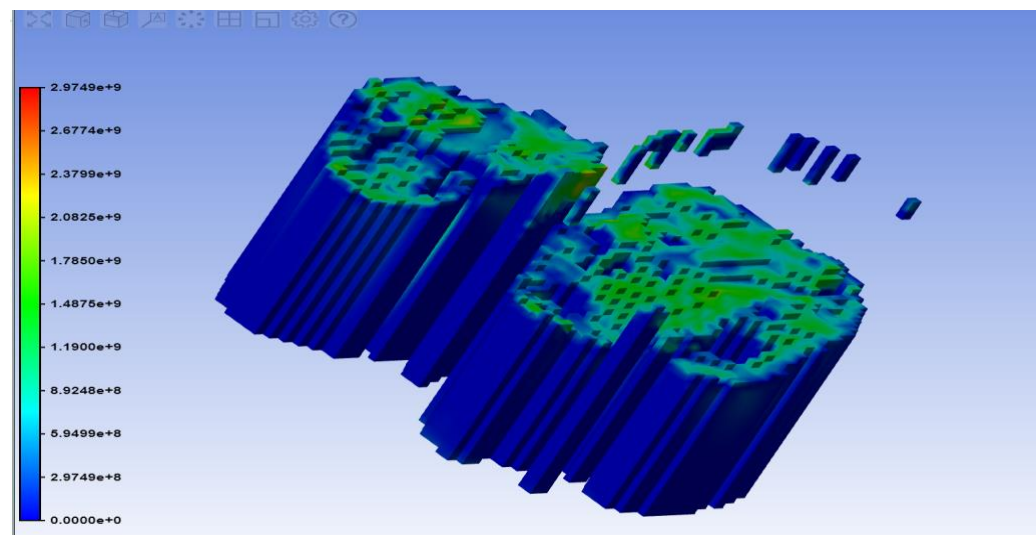
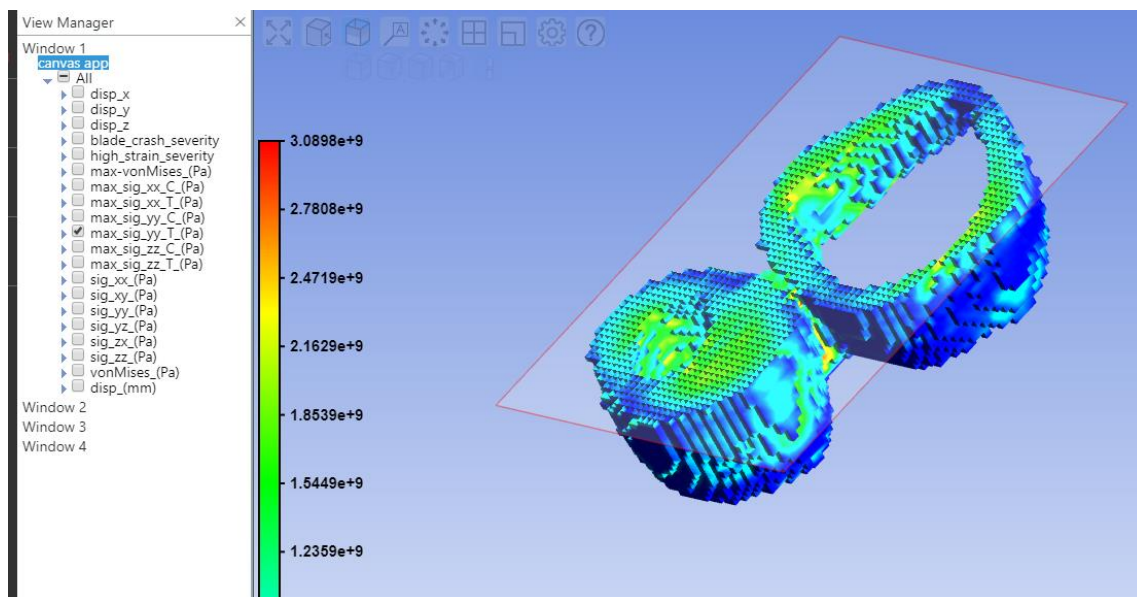
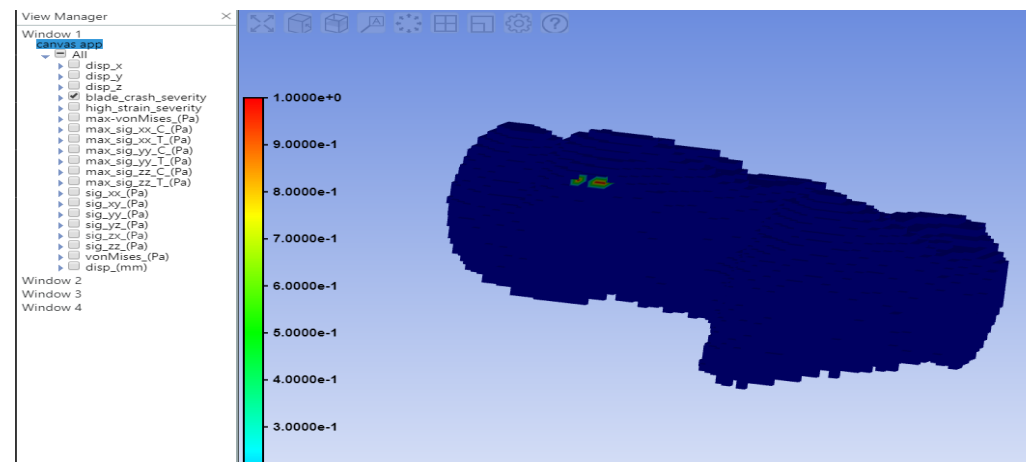
- Термическая обработка
- Изостатическое газовое прессование
- Использование комбинированных схем направлений движения лазера
- Подбор температурных режимов плавления/спекания
- Использование дополнительных опор и поддержек





# Прогнозирование остаточного напряжения

ANSYS Additive инструмент  
моделирования точной формы  
детали, получаемых в процессе  
3D-печати





# Заключение

- Изучены технологии аддитивного производства сложных металлических конструкций
- Изучены способы устранения остаточных напряжений и усадочных деформаций
- Произведено прогнозирование остаточных напряжений вызванного неравномерными циклическими температурными воздействиями и способы их устранения в ANSYS Additive.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный университет»  
институт математики и информационных технологий  
кафедра информационных систем и компьютерного  
моделирования

**Информационная модель программного комплекса для расчета остаточного  
напряжения и деформаций металлоконструкций**

Работу выполнил:  
студент группы ПРИ-171 Губенко И.Б.  
Научный руководитель:  
к.ф.-м.н., доц. каф. ИСКМ Храпов С.С.

Волгоград 2021

# Цель работы:

- Ознакомиться с технологиями с аддитивными производства сложных металлических изделий, методами расчета остаточного напряжения и деформаций;
- Разработать диаграмму Ганта, включающую этапы планирования разработки программного комплекса.
- Разработать и описать структуру программного комплекса в рамках диаграмм, отражающих структуру, состояния и способы использования программы.

# Требования к программному комплексу

разрабатываем программный комплекс включает себя модули:

- для расчета остаточного напряжения и деформаций металлоконструкций
- модуль представления расчетов в воксельном виде с выделенными участками подверженными остаточному напряжению и деформациям
- модуль визуализации модели в интерфейсе программы

# Диаграмма Ганта

— это популярный тип столбчатых **диаграмм**, который используется для иллюстрации плана, графика работ по какому-либо проекту.

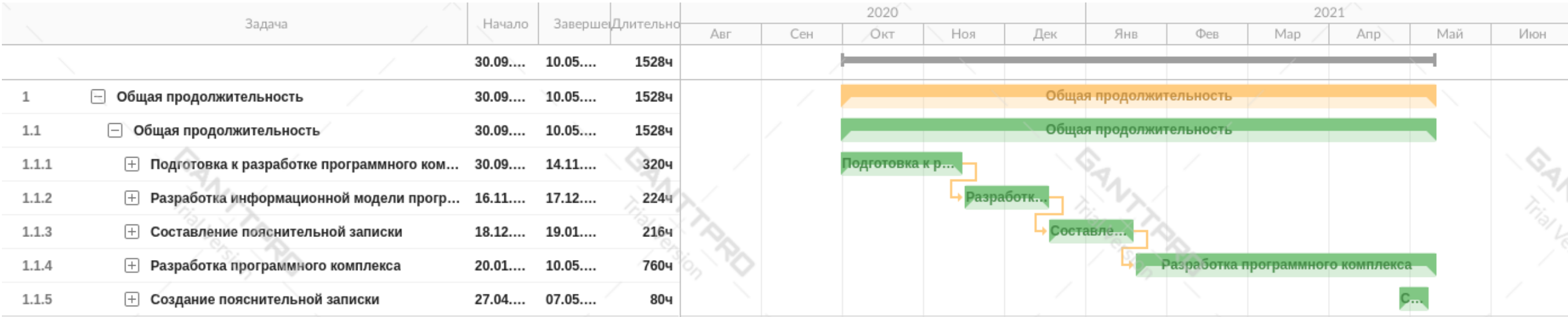
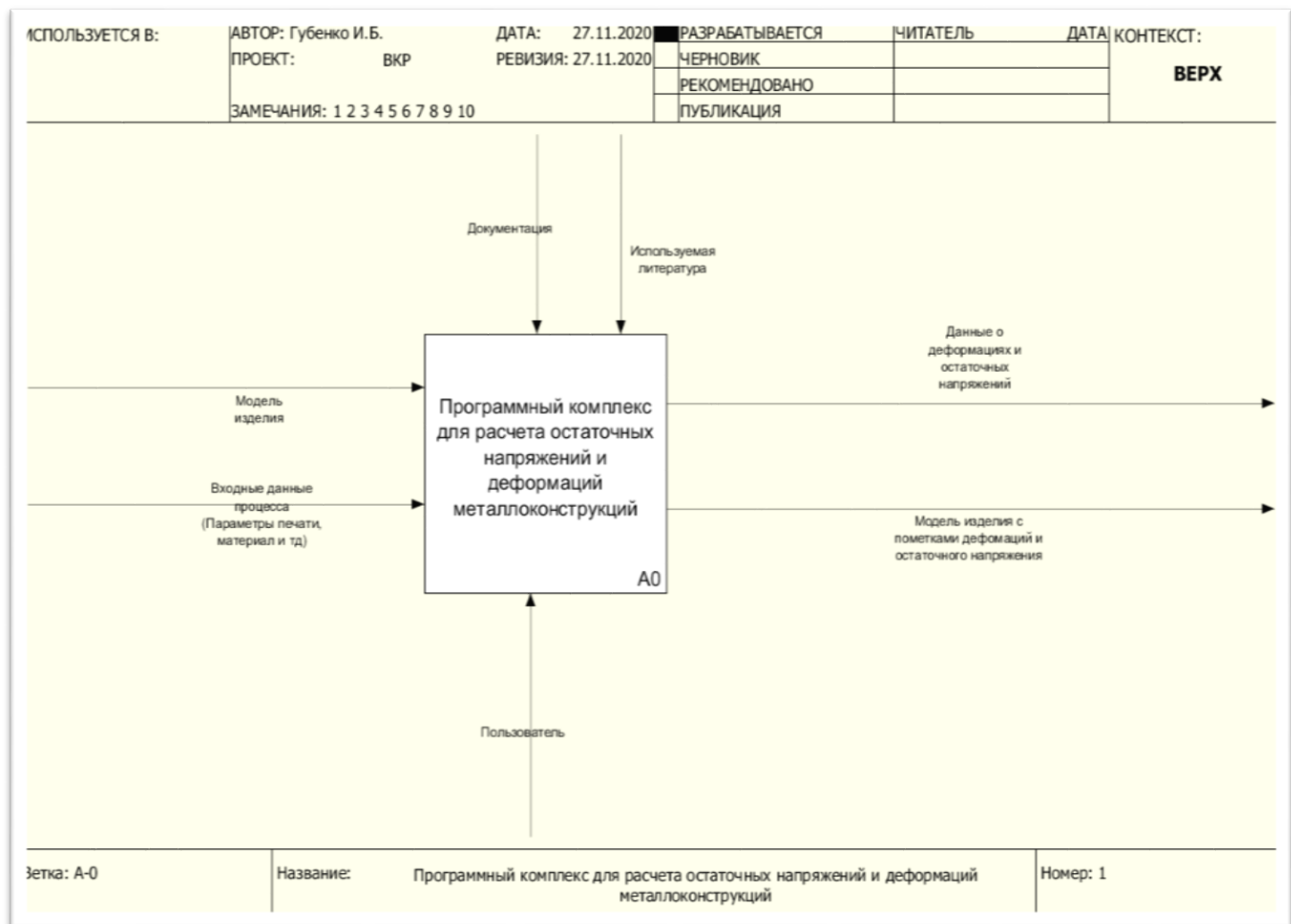


Рисунок 1 — Диаграмма Ганта

# Диаграмма IDEF0



IDEF0 — методология функционального моделирования (англ. function modeling) и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов.

Рисунок 2 — Диаграмма IDEF0

# Диаграмма IDEF0

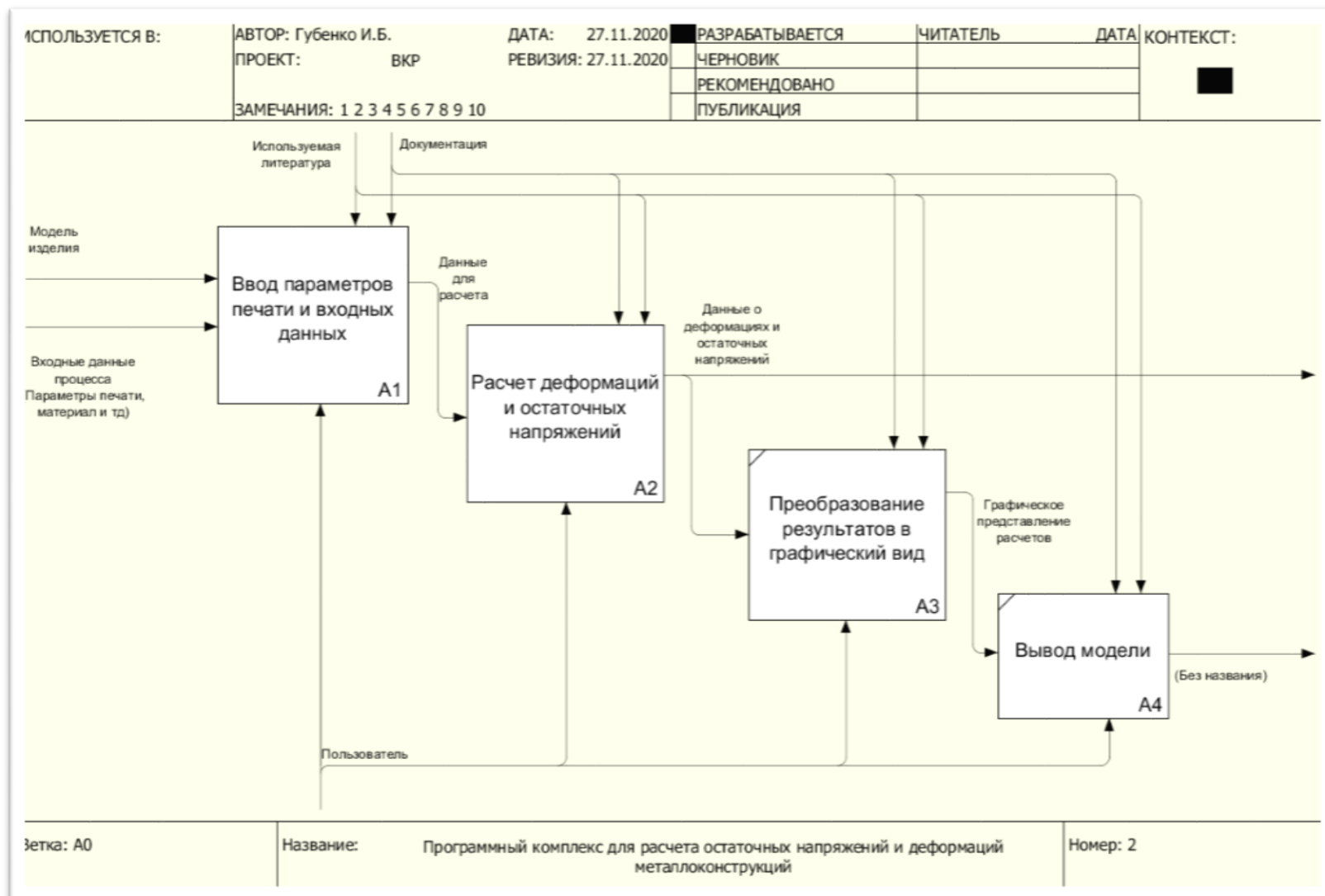
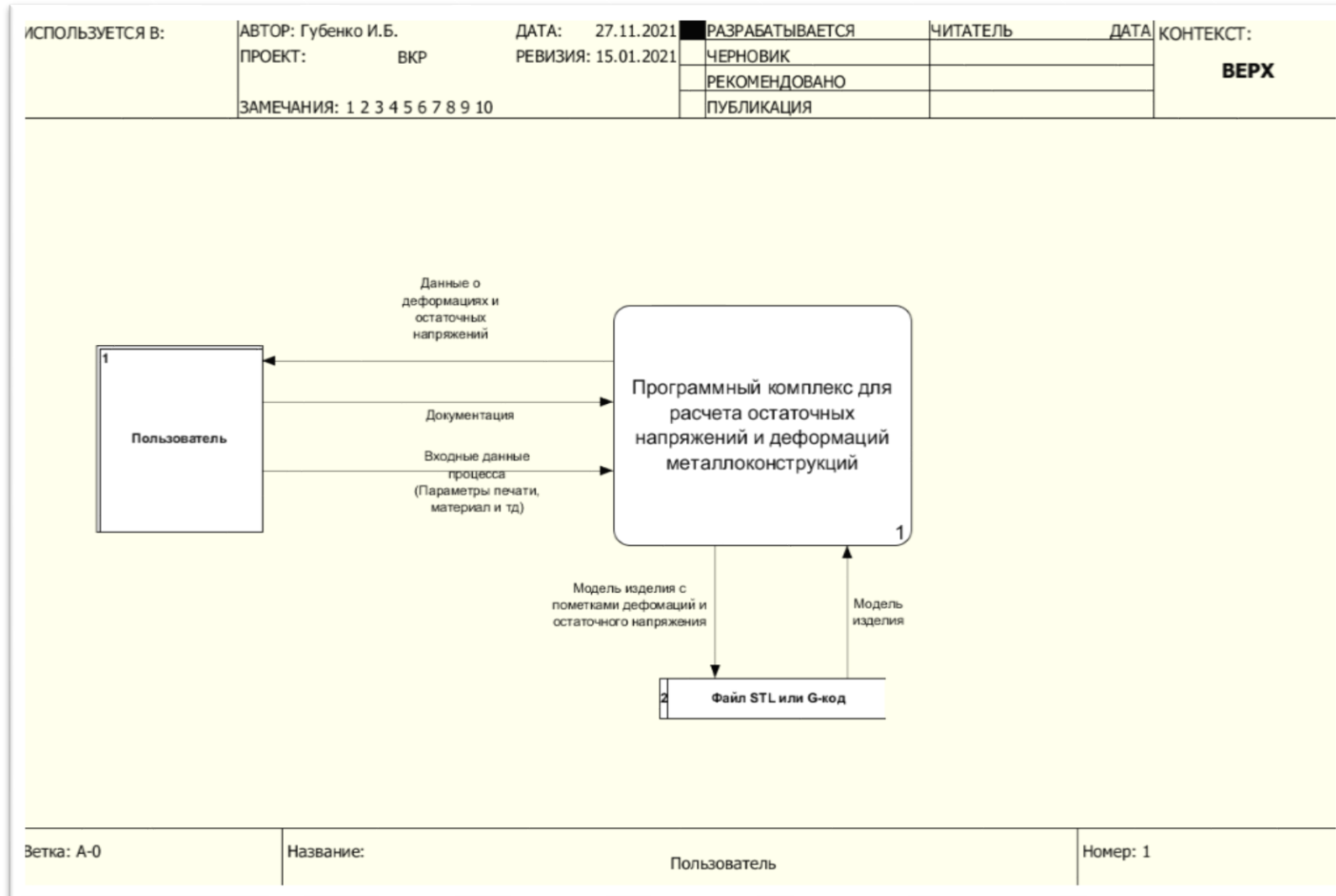


Рисунок 3 — Декомпозиция основного процесса IDEF0



# Диаграмма поток данных DFD



DFD — общепринятое сокращение от англ. data flow diagrams — диаграммы потоков данных. Так называется методология графического структурного анализа, описывающая внешние по отношению к системе источники и адресаты данных, логические функции, потоки данных и хранилища данных, к которым осуществляется доступ.

Рисунок 4 — Диаграмма потоков данных

# Диаграмма поток данных DFD

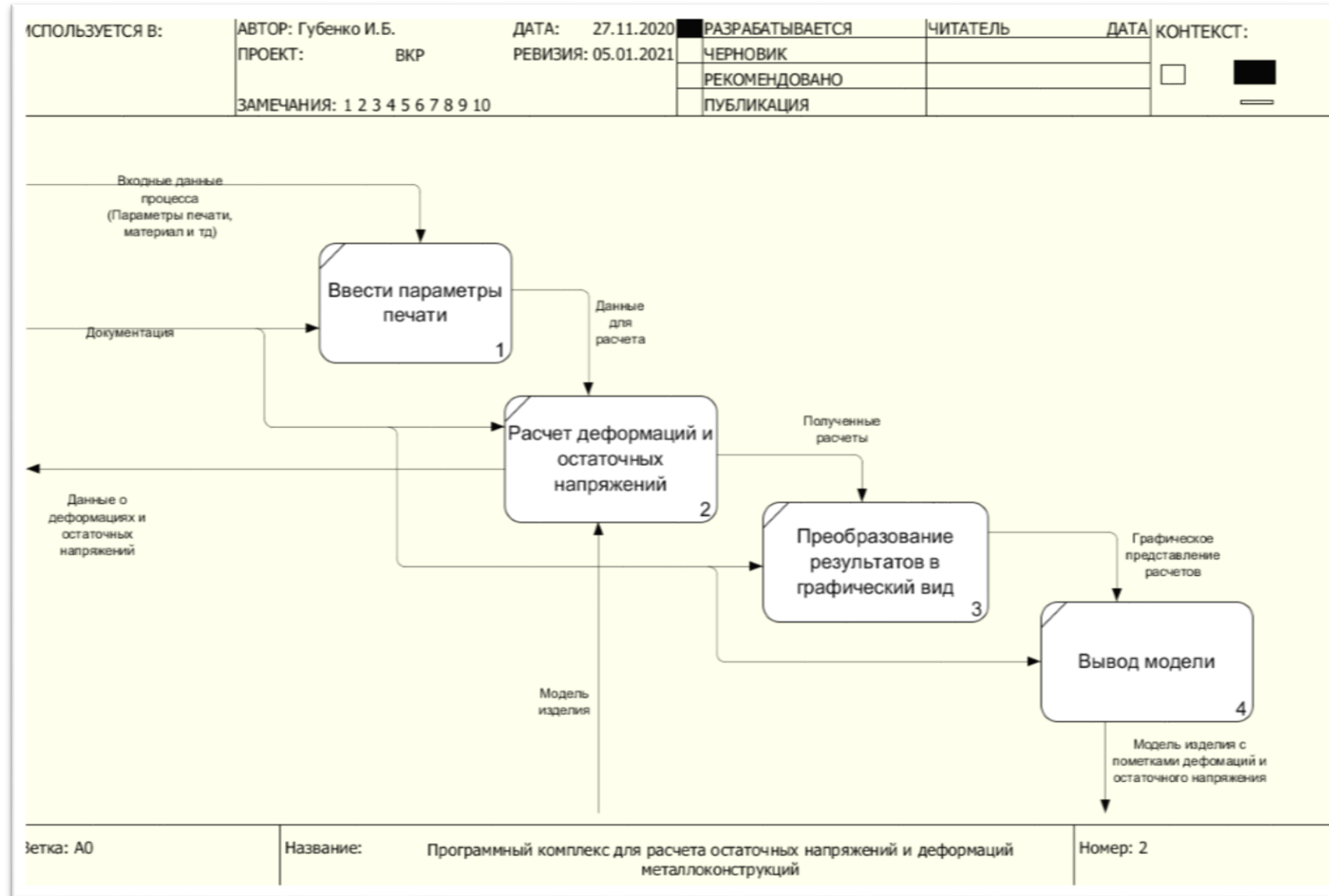
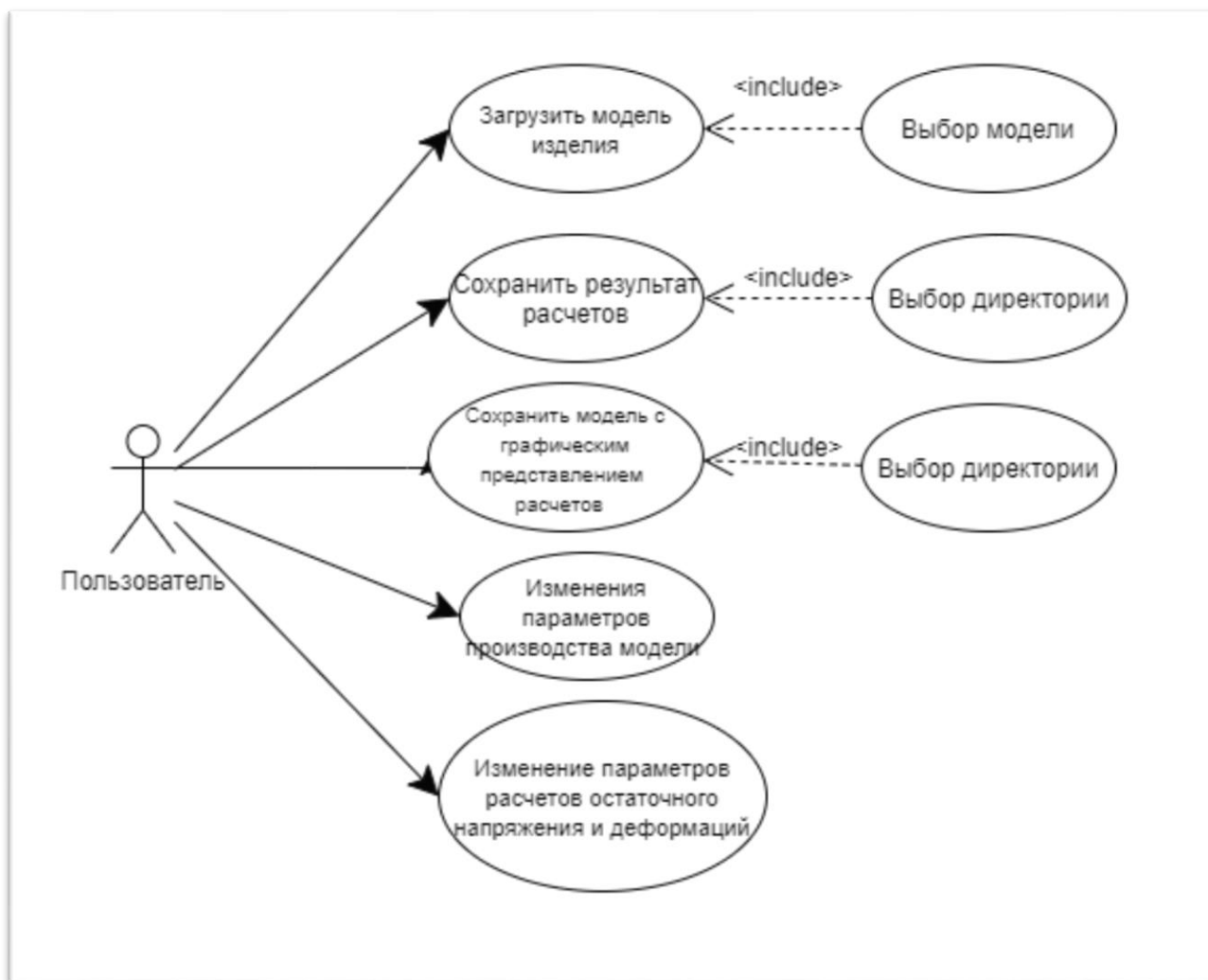


Рисунок 5 — Декомпозиция основного процесса DFD

# Диаграмма вариантов использования



Диаграммы вариантов использования описывают взаимоотношения и зависимости между группами вариантов использования и действующими лицами, участвующими в процессе.

Рисунок 6 — Диаграмма вариантов использования

# Диаграмма классов UML

Диаграмма классов (англ. class diagram) — структурная диаграмма языка моделирования UML, демонстрирующая общую структуру иерархии классов системы,

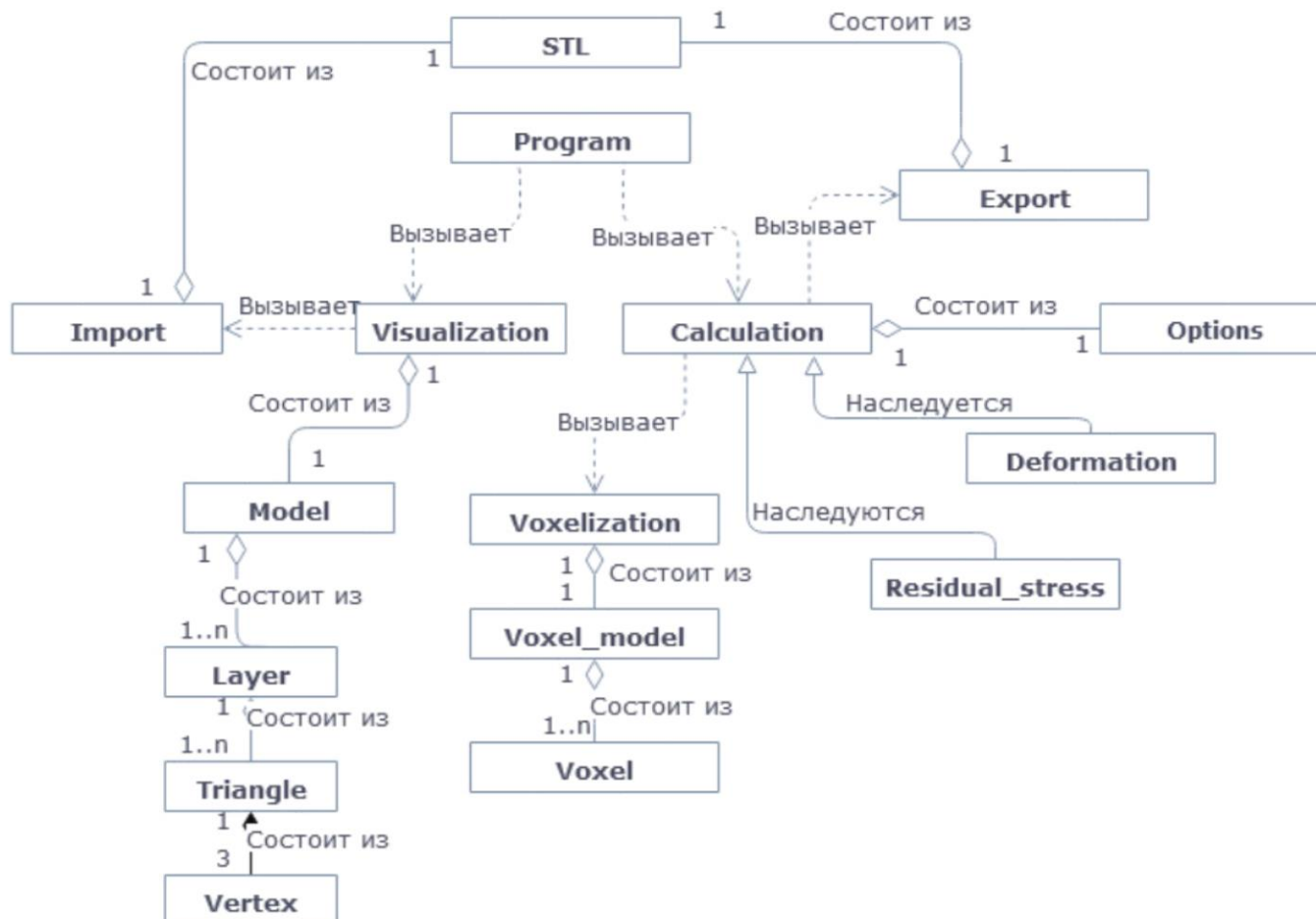


Рисунок 7 — Диаграмма классов

# Заключение

- Создана модель информационной системы программного комплекса для расчета остаточного напряжения и деформаций металлоконструкций
- Создана диаграмма Ганта
- Создана диаграмма IDEF0
- Создана диаграмма DFD
- Создана диаграмма вариантов использования
- Создана диаграмма классов

CoRSaD

Расчет

Инфо

Импорт .stl

Импорт .xyz

Импорт .csv

Время:

Скорость расчета

1

d\_dust0,24

d\_air0,01

d\_metal0,6

T\_start20

T\_laser600

T\_fusion\_metal1600

t\_laser\_voxel0,02

alpha\_00,3

E\_crit-245

Экспорт .csv

Пауза

Начать моделирование

Log

Логирование

I