

## Функции системы

Построение регрессионных моделей.

- построение на основе выбранных данных линейных регрессионных моделей;
- уточнение модели за счет подбора более точных функциональных зависимостей от факторов производства – нелинейные по факторам модели;

Точная оптимизация.

- решение задачи условной оптимизации для заданных ограничений по выбранной модели, где показатели качества задаются точным числом;

Дискретная оптимизация.

- решение задачи условной оптимизации для заданных ограничений по выбранной модели, где показатели качества задаются в виде интервалов.

Корректировка технологии.

- решение задачи коррекции технологии для заданной, построенной ранее модели, с учетом показателей завершенных производственных переделов.

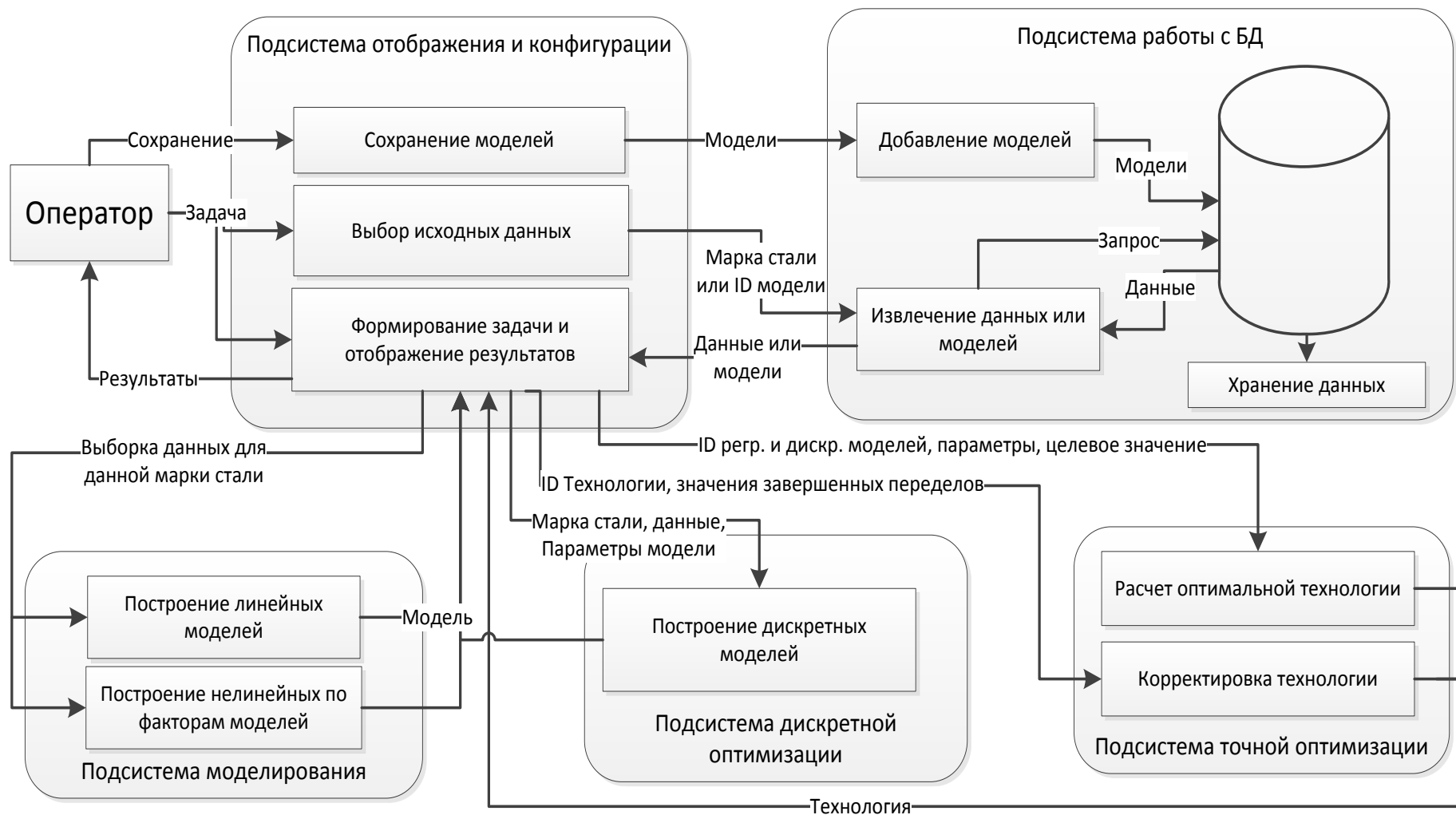
Конфигурация задачи.

- выбор необходимых технологических факторов и показателей качества;
- определение параметров задач оптимизации;
- сохранение результатов.

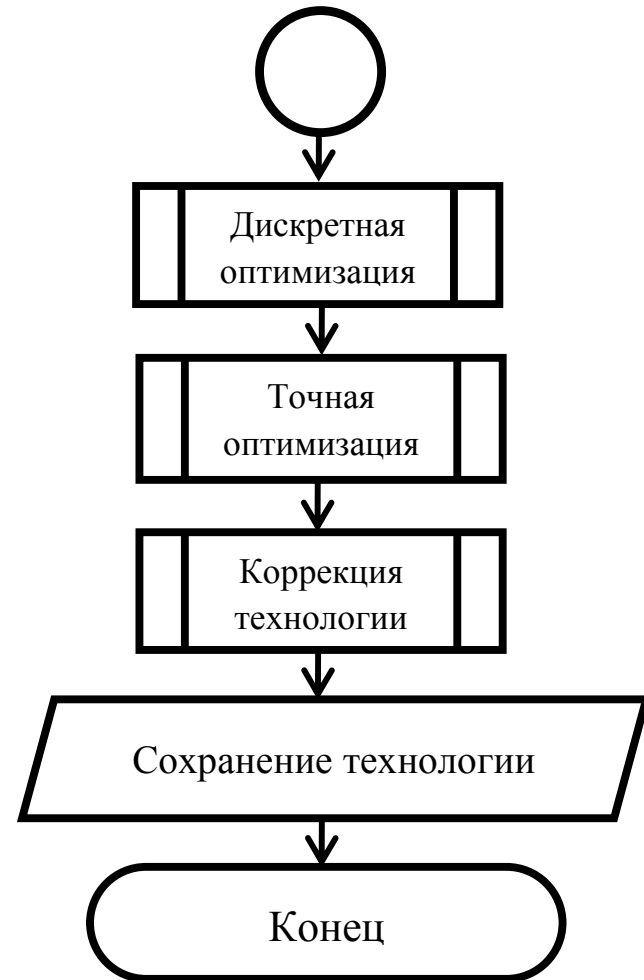
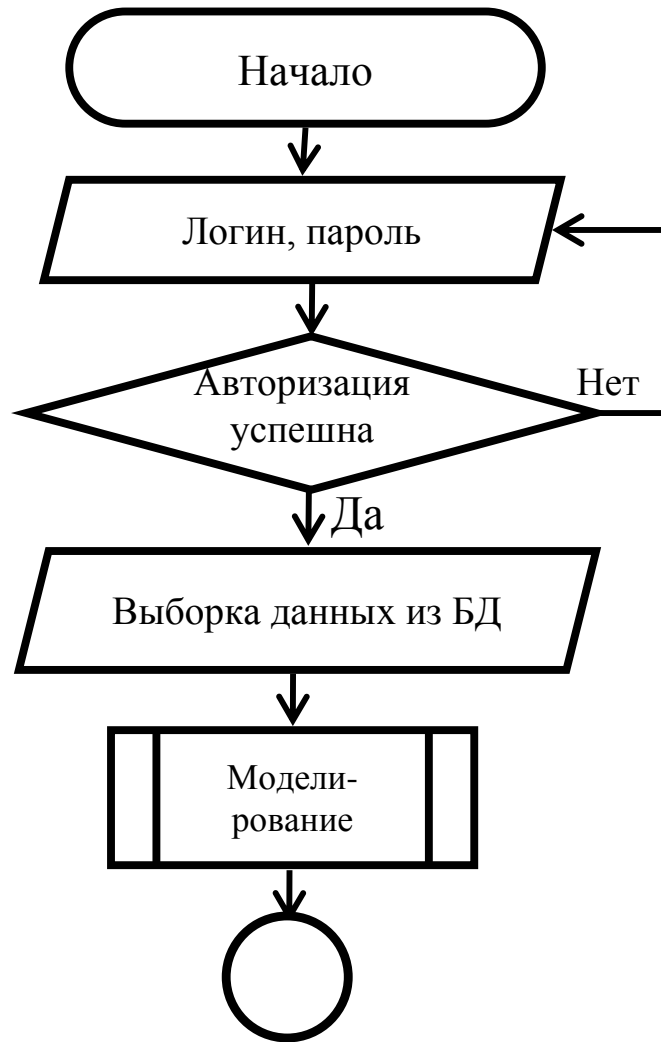
Централизованное хранение и выдача данных.

- централизованное хранение, добавление и выдача данных;
- ведение БД.

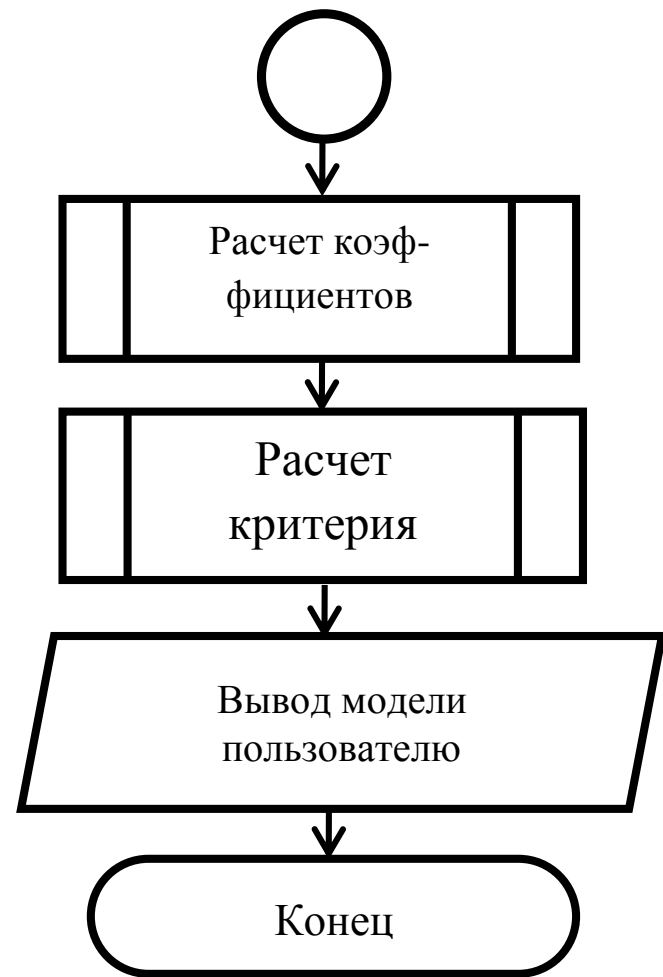
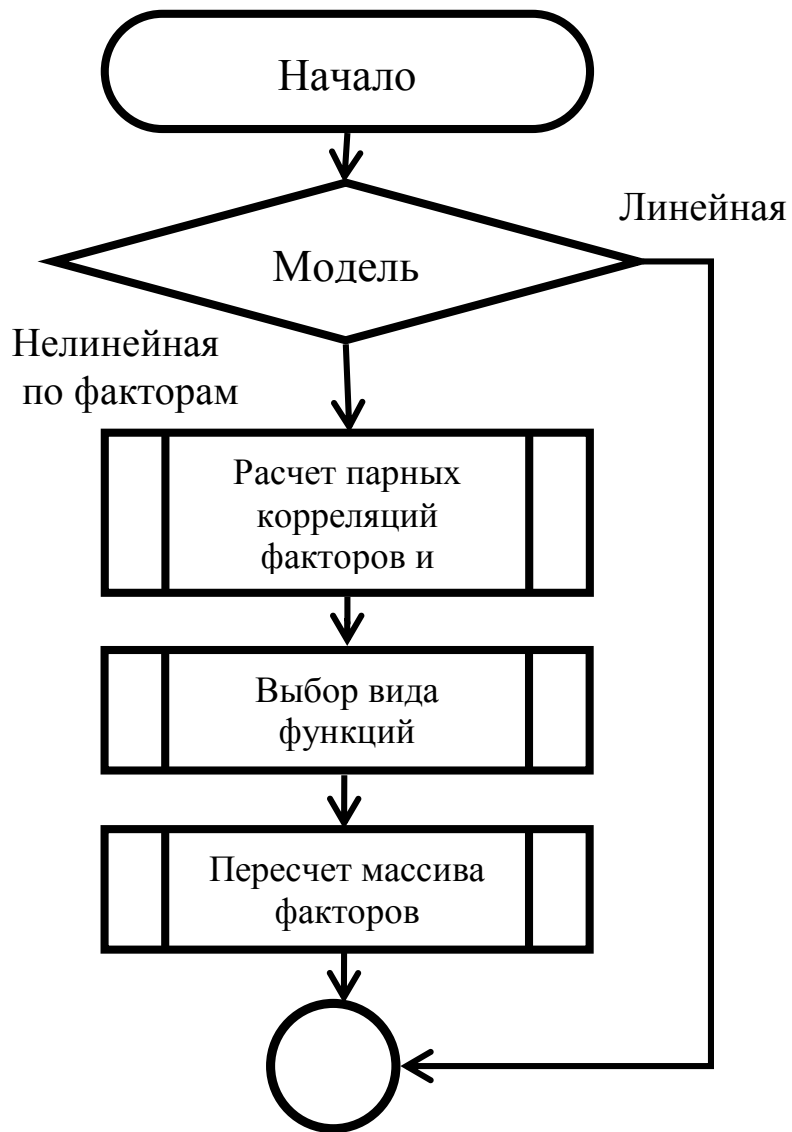
# Функциональная структура системы



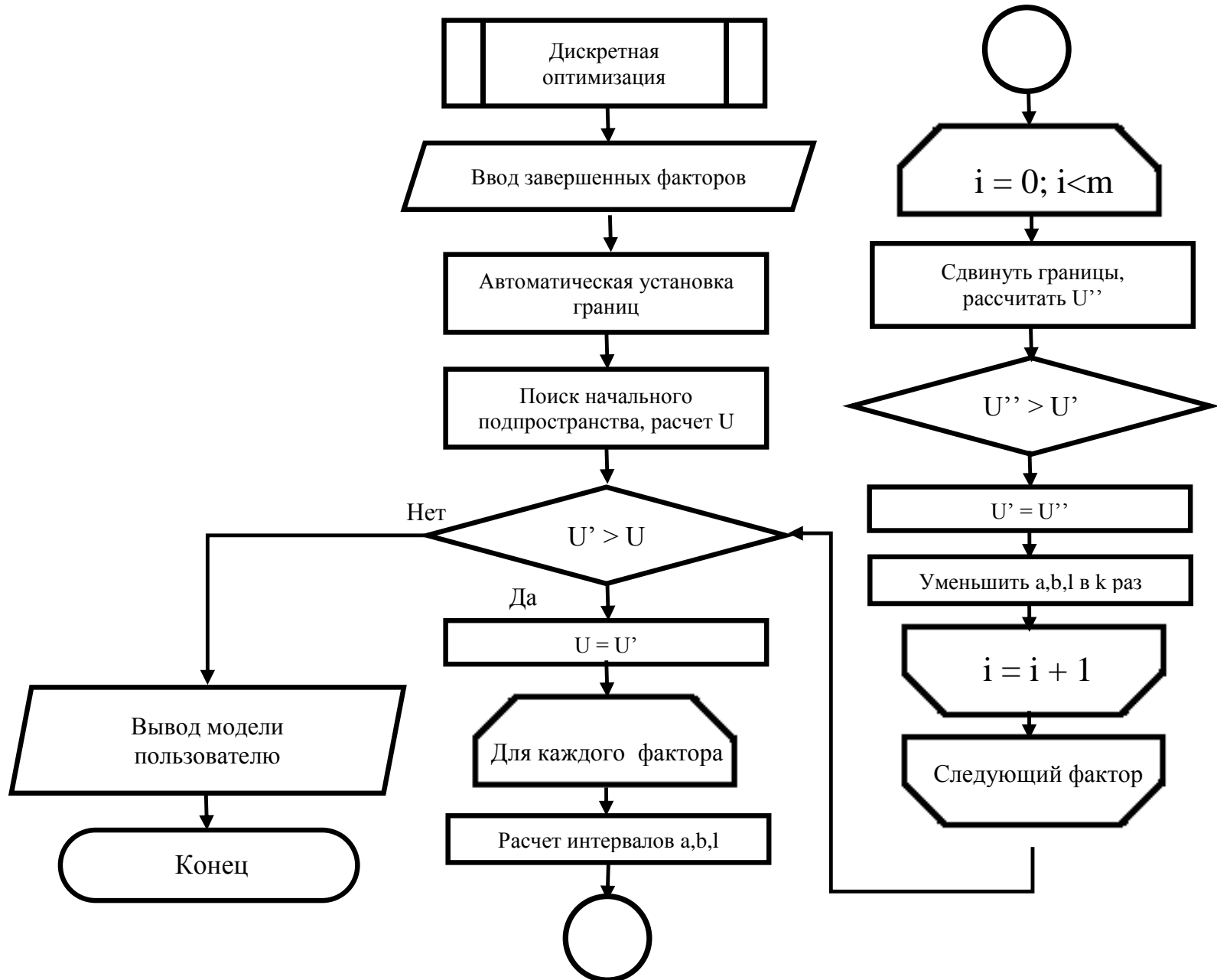
## Общий алгоритм функционирования системы



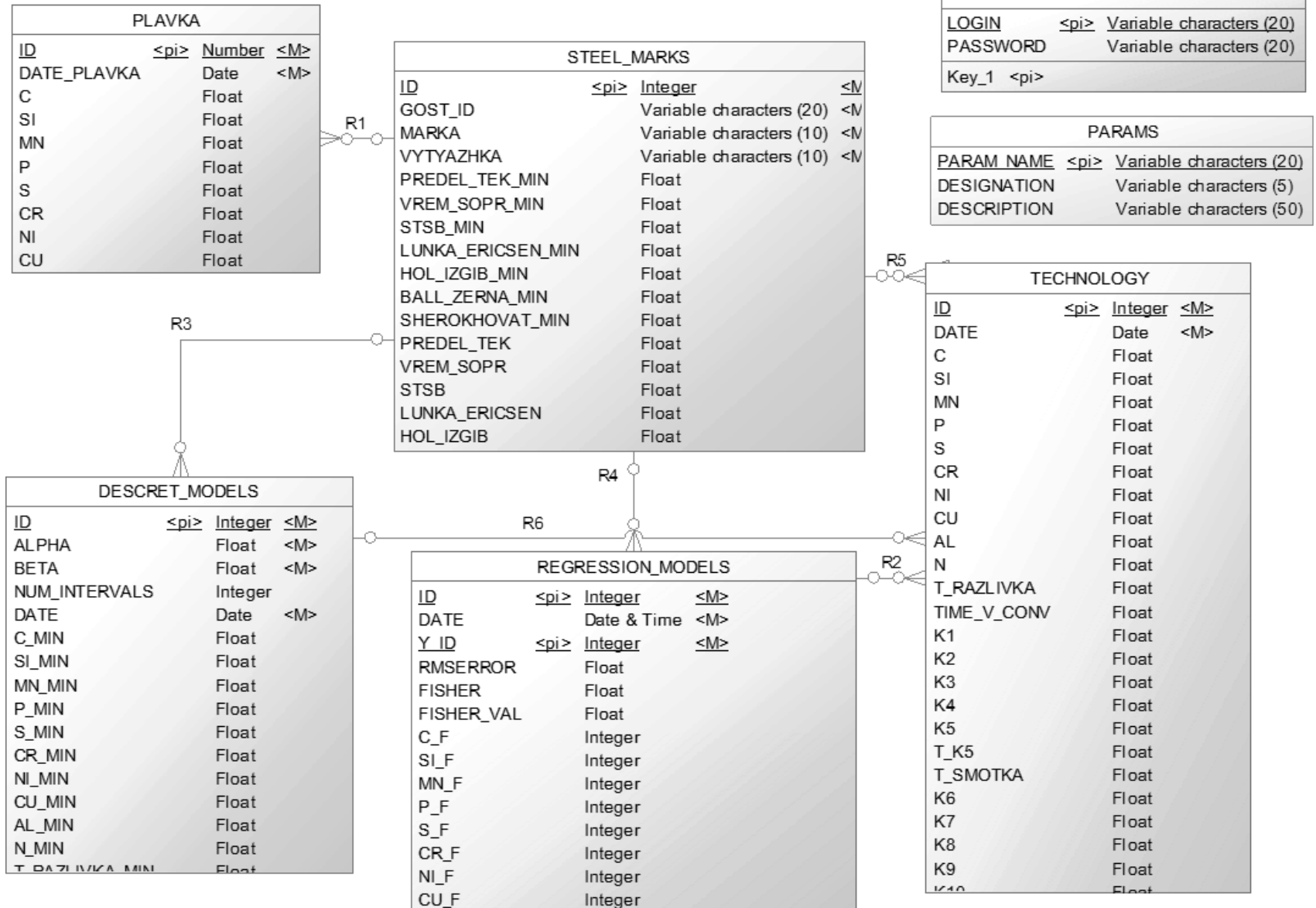
## Алгоритм построения моделей



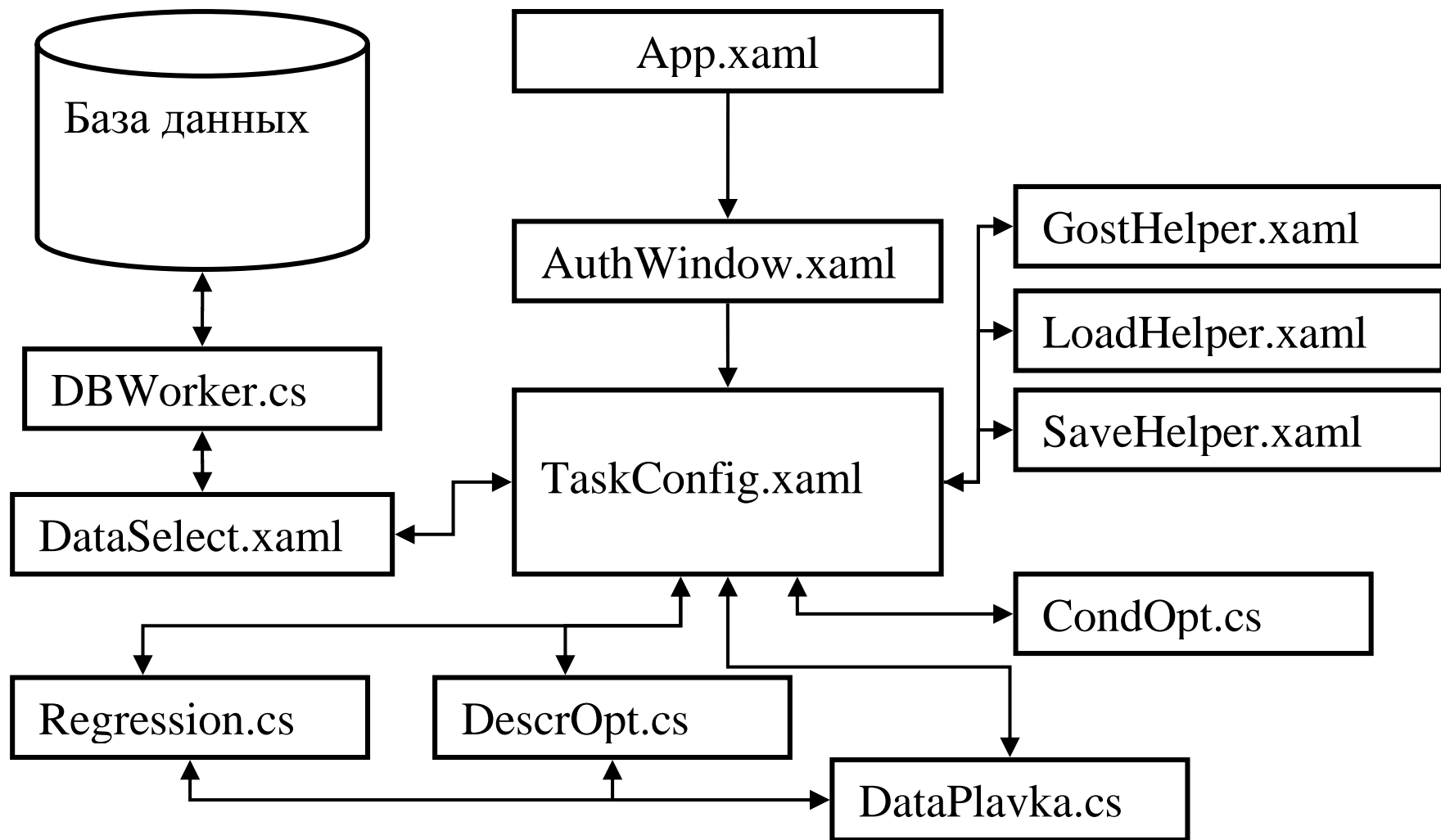
# Алгоритм дискретной оптимизации



# Концептуальная модель базы данных



## Структура программного обеспечения



## Загрузка данных из базы

Загрузить данные

Выберите необходимые выходные свойства

Доступно

- Предел текучести
- Отношение St/Sb
- Холодный загиб
- Балл зерна
- Шероховатость

Выбрано

- Временное сопротивление
- Глубина сферической лунки

Выберите марку стали

08пс

Выберите стандарт на марку

1050-88

Выберите вытяжку

Г

Начало выборки

01.09.2008

Окончание выборки

01.09.2014

Выберите необходимые входные параметры

Доступно

- S
- CR
- NI
- CU
- AL
- N
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие хол. прокатки (клеть
- Сред. усилие хол. прокатки (клеть
- Сред. усилие хол. прокатки (клеть

Выбрано

- C
- MN
- SI
- P
- Температура стали при разливке
- Время выдержки Конвертер-УНРС
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие гор. прокатки (клеть
- Сред. усилие хол. прокатки (клеть
- Сред. усилие хол. прокатки (клеть
- Температура за 5 клетью
- Температура смотки

Извлечь данные

Показать данные

Выбрано 412 записей  
249 с пустыми полями

OK



# Загрузка данных из базы

Система контроля качества продукции

Модель

Стандарт

Справка

←

^

Данные

Загружено записей: 163

Марка: 08пс Г

Стандарт: 1050-88

С: 01.09.2008

По: 01.09.2014

▼ Регрессионная модель

▼ Дискретная модель

▼ Технология

▼ Корректировка

Данные

Регрессионная модель

Дискретная модель

Оптимизация

Корректировка технологии

Количество исследуемых факторов - 12

Количество исследуемых свойств - 2

| VREM\$OPR | LUNKAÆRICSEN | C      | MN   | SI     | P      | TRAZLIVKA | TIMEV_CONV | K6   | K7   | K4           | K5   |
|-----------|--------------|--------|------|--------|--------|-----------|------------|------|------|--------------|------|
| 360       | 9.70         | 0.0560 | 0.42 | 0.08   | 0.0150 | 1560      | 63         | 2081 | 2471 | 5294385.75   | 4511 |
| 350       | 10.10        | 0.0560 | 0.42 | 0.08   | 0.0150 | 1560      | 63         | 2234 | 2277 | 5238329      | 4512 |
| 350       | 9.70         | 0.0560 | 0.42 | 0.08   | 0.0150 | 1560      | 63         | 2146 | 2236 | 5235041.50   | 4518 |
| 360       | 9.70         | 0.08   | 0.43 | 0.02   | 0.0090 | 1542      | 81         | 2212 | 2471 | 5181514.50   | 5012 |
| 350       | 9.70         | 0.07   | 0.43 | 0.09   | 0.0130 | 1548      | 95         | 2321 | 2463 | 5481360      | 6010 |
| 350       | 9.70         | 0.08   | 0.46 | 0.0240 | 0.0120 | 1552      | 97         | 2086 | 2433 | 5667238.25   | 5512 |
| 350       | 9.70         | 0.08   | 0.46 | 0.0240 | 0.0120 | 1552      | 97         | 2201 | 2454 | 5775241      | 5508 |
| 335       | 10.20        | 0.0960 | 0.44 | 0.0810 | 0.0150 | 1552      | 86         | 2314 | 2225 | 6373963.75   | 5011 |
| 350       | 10.10        | 0.0960 | 0.44 | 0.0810 | 0.0150 | 1552      | 86         | 2168 | 2468 | 5966774.25   | 5011 |
| 350       | 10.30        | 0.07   | 0.40 | 0.08   | 0.01   | 1547      | 56         | 2094 | 2511 | 5241616.75   | 5011 |
| 335       | 10.20        | 0.06   | 0.44 | 0.09   | 0.0110 | 1556      | 97         | 1860 | 2269 | 5498582      | 5015 |
| 335       | 10.20        | 0.06   | 0.44 | 0.09   | 0.0110 | 1556      | 97         | 1871 | 2229 | 5517382      | 5016 |
| 340       | 10.60        | 0.09   | 0.41 | 0.10   | 0.0090 | 1552      | 64         | 2040 | 2126 | 6201511.50   | 5518 |
| 340       | 10.60        | 0.09   | 0.41 | 0.10   | 0.0090 | 1552      | 64         | 2042 | 2369 | 5984449      | 5009 |
| 335       | 11           | 0.06   | 0.39 | 0.09   | 0.0090 | 1550      | 89         | 1939 | 1950 | 5569087.25   | 5009 |
| 340       | 11           | 0.06   | 0.39 | 0.09   | 0.0090 | 1550      | 89         | 1834 | 1849 | 5365199.25   | 5013 |
| 340       | 11           | 0.06   | 0.39 | 0.09   | 0.0090 | 1550      | 89         | 1815 | 1888 | 5518460.75   | 5008 |
| 340       | 11           | 0.06   | 0.39 | 0.09   | 0.0090 | 1550      | 89         | 1780 | 1875 | 5382901      | 5012 |
| 345       | 10.80        | 0.0660 | 0.46 | 0.0910 | 0.0120 | 1550      | 88         | 1681 | 1684 | 3970903.6250 | 4509 |
| 335       | 11.70        | 0.0630 | 0.41 | 0.0830 | 0.0150 | 1554      | 76         | 2325 | 2217 | 5587973.25   | 7011 |
| 340       | 11.50        | 0.0630 | 0.41 | 0.0830 | 0.0150 | 1554      | 76         | 2424 | 2213 | 5479915.50   | 7011 |
| 340       | 11.70        | 0.0760 | 0.43 | 0.1020 | 0.0140 | 1547      | 68         | 1812 | 1929 | 4379914.25   | 5009 |
| 340       | 11.70        | 0.0760 | 0.43 | 0.1020 | 0.0140 | 1547      | 68         | 1925 | 1918 | 5168709      | 5010 |

Загружено 163 записей

# Построение линейной регрессионной модели

Система контроля качества продукции

Модель

Стандарт

Справка

Данные

Регрессионная модель

Дискретная модель

Оптимизация

Корректировка технологии

Данные

Загружено записей: 163

Марка: 08пс Г

Стандарт: 1050-88

С: 01.09.2008

По: 01.09.2014

Регрессионная модель

ID: local

Дата: 04.06.2014

Тип: простая

08пс Г

1050-88

Дискретная модель

Технология

Корректировка

|                              | Временное сопротивление | Глубина сферической лунки |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| C                            | 516,6893                | 1,979741                  |
| MN                           | -96,59318               | 0,3466678                 |
| SI                           | 41,42751                | 1,227176                  |
| P                            | 516,4496                | -5,776182                 |
| Температура стали при разл   | 0,5896231               | -0,01091072               |
| Время выдержки Конвертер     | -0,02978365             | -0,0005417667             |
| Сред. усилие гор. прокатки ( | 0,05343302              | 7,959789E-06              |
| Сред. усилие гор. прокатки ( | 0,01663826              | -0,001111971              |
| Сред. усилие хол. прокатки ( | -2,214359E-05           | -1,777773E-07             |
| Сред. усилие хол. прокатки ( | -1,604522E-05           | 3,046977E-07              |
| Температура за 5 клетью      | 0,2434176               | -0,003279138              |
| Температура скотки           | 0,4966975               | 0,04433377                |
| сводный член                 | -1087,522               | 2,483097                  |

| Свойство                  | Стандартная ошибка | Критерий Фишера | Значимость F         |
|---------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| Временное сопротивление   | 15.33525           | 11.91647        | 1.11138722542586E-16 |
| Глубина сферической лунки | 0.44273            | 14.3906         | 1.24959738716915E-19 |

Построить линейную модель

Построить нелинейную по факторам модель

Регрессионная модель успешно построена

# Построение нелинейной по факторам регрессионной модели

Система контроля качества продукции

Модель

Стандарт

Справка

←

Данные

Регрессионная модель

Дискретная модель

Оптимизация

Корректировка технологии

^

Данные

Загружено записей: 163

Марка: 08пс Г

Стандарт: 1050-88

С: 01.09.2008

По: 01.09.2014

^

Регрессионная модель

ID: local

Дата: 04.06.2014

Тип: улучшенная

08пс Г

1050-88

▼

Дискретная модель

▼

Технология

▼

Корректировка

|                   | Временное сопротивление | Глубина сферической лунки |
|-------------------|-------------------------|---------------------------|
| C                 | 41287,6                 | -143,5739                 |
| MN                | 1,711717                | -0,04124713               |
| SI                | -1,238347E-05           | 3,843315E-07              |
| P                 | 26209,84                | -830,6528                 |
| Температура стал  | -1,24158E+12            | 2,535838E+10              |
| Время выдержки    | -0,05632218             | -0,0009403094             |
| Сред. усилие гор. | -2,19351E+08            | 501512,4                  |
| Сред. усилие гор. | 1,611468                | -0,08873416               |
| Сред. усилие хол. | -2,282739E-05           | -1,463344E-07             |
| Сред. усилие хол. | -1,493314E-19           | 3,80576E-21               |
| Температура за 5  | 6,196436E-08            | -1,417374E-09             |
| Температура смо   | -158497,3               | -20874                    |
| сводный член      | 940,4675                | 41,31375                  |

| Фактор            | Функция     |
|-------------------|-------------|
| C                 | $x^3$       |
| MN                | $x^{(-3)}$  |
| SI                | $x^{(-3)}$  |
| P                 | $x^2$       |
| Температура стал  | $x^{(-3)}$  |
| Время выдержки    | $x$         |
| Сред. усилие гор. | $x^{(-2)}$  |
| Сред. усилие гор. | $x^{(1/2)}$ |
| Сред. усилие хол. | $x$         |
| Сред. усилие хол. | $x^3$       |
| Температура за 5  | $x^3$       |
| Температура смол  | $x^{(-1)}$  |

Показать детали

| Свойство                  | Стандартная ошибка | Критерий Фишера | Значимость F         |
|---------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| Временное сопротивление   | 15.04337           | 12.87313        | 7.51514120764884E-18 |
| Глубина сферической лунки | 0.42945            | 16.07999        | 1.65267602386253E-21 |

Построить линейную модель

Построить нелинейную по факторам модель

Регрессионная модель успешно построена

# Построение нелинейной по факторам регрессионной модели

Система контроля качества продукции

Модель

Стандарт

Справка

←

Данные

Регрессионная модель

Дискретная модель

Оптимизация

Корректировка технологии

^

Данные

Загружено записей: 163

Марка: 08пс Г

Стандарт: 1050-88

С: 01.09.2008

По: 01.09.2014

^

Регрессионная модель

ID: local

Дата: 04.06.2014

Тип: улучшенная

08пс Г

1050-88

▼

Дискретная модель

▼

Технология

▼

Корректировка

Данные

Регрессионная модель

Дискретная модель

Оптимизация

Корректировка технологии

|                   | Временное сопротивление | Глубина сферической лунки |
|-------------------|-------------------------|---------------------------|
| C                 | 41287,6                 | -143,5739                 |
| MN                | 1,711717                | -0,04124713               |
| SI                | -1,238347E-05           | 3,843315E-07              |
| P                 | 26209,84                | -830,6528                 |
| Температура стал  | -1,24158E+12            | 2,535838E+10              |
| Время выдержки    | -0,05632218             | -0,0009403094             |
| Сред. усилие гор. | -2,19351E+08            | 501512,4                  |
| Сред. усилие гор. | 1,611468                | -0,08873416               |
| Сред. усилие хол. | -2,282739E-05           | -1,463344E-07             |
| Сред. усилие хол. | -1,493314E-19           | 3,80576E-21               |
| Температура за 5  | 6,196436E-08            | -1,417374E-09             |
| Температура смо   | -158497,3               | -20874                    |
| сводный член      | 940,4675                | 41,31375                  |

| Фактор            | Функция     |
|-------------------|-------------|
| C                 | $x^3$       |
| MN                | $x^{(-3)}$  |
| SI                | $x^{(-3)}$  |
| P                 | $x^2$       |
| Температура стал  | $x^{(-3)}$  |
| Время выдержки    | $x$         |
| Сред. усилие гор. | $x^{(-2)}$  |
| Сред. усилие гор. | $x^{(1/2)}$ |
| Сред. усилие хол. | $x$         |
| Сред. усилие хол. | $x^3$       |
| Температура за 5  | $x^3$       |
| Температура смол  | $x^{(-1)}$  |

Показать детали

| Свойство                  | Стандартная ошибка | Критерий Фишера | Значимость F         |
|---------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| Временное сопротивление   | 15.04337           | 12.87313        | 7.51514120764884E-18 |
| Глубина сферической лунки | 0.42945            | 16.07999        | 1.65267602386253E-21 |

Построить линейную модель

Построить нелинейную по факторам модель

Регрессионная модель успешно построена

## Построение дискретной модели

**Система контроля качества продукции**

Модель   Стандарт   Справка

<   >

Данные   Регрессионная модель   Дискретная модель   Оптимизация   Корректировка технологии

Данные  
Загружено записей: 163  
Марка: 08пс Г  
Стандарт: 1050-88  
С: 01.09.2008  
По: 01.09.2014

Регрессионная модель  
ID: local  
Дата: 04.06.2014  
Тип: улучшенная  
08пс Г  
1050-88

Дискретная модель  
ID: local  
Дата: 04.06.2014  
08пс Г  
1050-88

Технология  
Корректировка

| Дискретная модель: U = 0,2208676 |           |          |
|----------------------------------|-----------|----------|
| Фактор                           | Min       | Max      |
| C                                | 0.051     | 0.1      |
| MN                               | 0.37      | 0.51     |
| SI                               | 0.009     | 0.109625 |
| P                                | 0.0135625 | 0.021    |
| Температура стали пр             | 1542      | 1555.5   |
| Время выдержки Кон               | 49        | 357.5    |
| Сред. усилие гор. прои           | 1681      | 2164     |
| Сред. усилие гор. прои           | 1684      | 2243.5   |
| Сред. усилие хол. прои           | 3590726   | 4982345  |
| Сред. усилие хол. прои           | 4484133   | 5748146  |
| Температура за 5 клет            | 978.5     | 1026     |
| Температура смотки               | 662.5     | 681      |

| Начальные границы: U = 0,04381559 |       |       |
|-----------------------------------|-------|-------|
| Фактор                            | Min   | Max   |
| C                                 | 0.051 | 0.1   |
| MN                                | 0.37  | 0.65  |
| SI                                | 0.009 | 0.17  |
| P                                 | 0.007 | 0.021 |
| Температура стали п               | 1542  | 1569  |
| Время выдержки Кон                | 49    | 666   |
| Сред. усилие гор. прс             | 1681  | 2647  |
| Сред. усилие гор. прс             | 1684  | 2803  |

Свойства

| Свойство     | Min | Max |
|--------------|-----|-----|
| Временное со | 320 |     |
| Глубина сфер | 9.5 |     |

Сталь  
08пс 1050-88 Г

Параметры построения

Начальное число подинтервалов

Параметр альфа для критерия U

Параметр бета для критерия U

Параметр изменения границ

Параметр глубины изменения

Точность критерия U

Границы по выборке   Детали решения

Очистить границы   Построить модель

Дискретная модель успешно построена!

## Построение оптимальной технологии

**Система контроля качества продукции**

Модель   Стандарт   Справка

<   ^ Данные   Регрессионная модель   Дискретная модель   Оптимизация   Корректировка технологии

Данные  
Загружено записей: 163  
Марка: 08пс Г  
Стандарт: 1050-88  
С: 01.09.2008  
По: 01.09.2014

Регрессионная модель  
ID: local  
Дата: 04.06.2014  
Тип: улучшенная  
08пс Г  
1050-88

Дискретная модель  
ID: local  
Дата: 04.06.2014  
08пс Г  
1050-88

Технология  
ID: local  
ID регр-й модели: -1  
ID дескр-й модели: -1  
04.06.2014  
08пс Г  
1050-88

Корректировка

| Фактор                 | Значение |
|------------------------|----------|
| C                      | 0.051    |
| MN                     | 0.37     |
| SI                     | 0.009    |
| P                      | 0.021    |
| Температура стали при  | 1542     |
| Время выдержки Конв    | 177.3516 |
| Сред. усилие гор. прок | 1681     |
| Сред. усилие гор. прок | 2083.263 |
| Сред. усилие хол. прок | 3590726  |
| Сред. усилие хол. прок | 4484133  |
| Температура за 5 клет  | 978.5    |
| Температура смотки     | 662.5    |

| Выходные свойства | Свойство | Значение (этал) | Значение по м | Невязка |
|-------------------|----------|-----------------|---------------|---------|
| Временнс          | 345      | 345             | 3.122101e-07  |         |
| Глубина с         | 10.5     | 10.5            | 2.627702e-06  |         |

Параметры построения

Точность основной задачи: 0,00001

Точность безусловных подзадач: 0,00001

Максимальное число итераций: 10000

Рассчитать технологию

Анализ модели

Невязка составляет: 7,0022921e-012

Технология успешно построена!



## Корректировка технологии

**Система контроля качества продукции**

Модель Стандарт Справка

← Данные Регрессионная модель Дискретная модель Оптимизация Корректировка технологии

### Данные

Загружено записей: 163  
 Марка: 08пс Г  
 Стандарт: 1050-88  
 С: 01.09.2008  
 По: 01.09.2014

### Регрессионная модель

ID: local  
 Дата: 04.06.2014  
 Тип: улучшенная  
 08пс Г  
 1050-88

### Дискретная модель

ID: local  
 Дата: 04.06.2014  
 08пс Г  
 1050-88

### Технология

ID: local  
 ID регр-й модели: -1  
 ID дескр-й модели: -1  
 04.06.2014  
 08пс Г  
 1050-88

### Корректировка

ID: local  
 ID исходной техн-ии: -1

### Параметры построения

Точность основной задачи: 0,00001  
 Точность безусловных подзадач: 0,00001  
 Максимальное число итераций: 10000

Очистить факторы | **Скорректировать**

Технология скорректирована!

### Технология

| Фактор   | Оптимальный | Фактический |
|----------|-------------|-------------|
| C        | 0.051       | 0.05        |
| MN       | 0.37        | 0.38        |
| SI       | 0.009       | 0.03        |
| P        | 0.021       | 0.02        |
| Темпер   | 1542        | 1542        |
| Время в  | 177.3516    | 282.3994    |
| Сред. ук | 1681        | 1681        |
| Сред. ук | 2083.263    | 1684        |
| Сред. ук | 3590726     | 3590726     |
| Сред. ук | 4484133     | 4484133     |
| Темпер   | 978.5       | 978.5       |
| Темпер   | 662.5       | 664.7222    |

### Выходные свойства

| Свойств | Оптимальное | Скорректированн | Невязка      |
|---------|-------------|-----------------|--------------|
| Временн | 345         | 345             | 1.988621e-06 |
| Глубина | 10.5        | 10.50008        | 8.331692e-05 |

| Свойств | Оптимальное | Без корректировк | Невязка   |
|---------|-------------|------------------|-----------|
| Временн | 345         | 357.5395         | 12.53951  |
| Глубина | 10.5        | 10.0848          | 0.4152008 |

факторы

# Результаты

Использование системы представляет удобные инструменты для:

- расчета оптимальной технологии производства;
- оперативного вмешательства в производство и корректировки технологии при нарушении производства на конкретных переделах;
- формирования новой технологии, соответствующей другим стандартам, маркам или вытяжкам при нарушении производства.