|  |  |
| --- | --- |
| **УТВЕРЖДАЮ** |  |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л. Г. Афраймович**  **«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.** |  |

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**к научно-исследовательской работе**

**по теме**

**«Задача производственного планирования  
 с альтернативными технологическими процессами»**

г. Н. Новгород, 2024

1. **Используемые обозначения**

Для **обозначения допустимых форматов** входных данных будем использовать следующую запись, именуемую тэгом.

<Название\_Тэга название\_параметра1=ТИП\_ПАРАМЕТРА

название\_параметра2=ТИП\_ПАРАМЕТРА>

Все используемые типы и соответствующие им форматы значений представлены ниже.

Будем применять **сокращенную форму** записи тэга. В сокращенной форме приводится только имя тэга и не уточняется – имеет ли тег параметры и тело.

<Название\_Тэга>

Для обозначения необязательных конструкций будем использовать [] (квадратные скобки).

<Название\_Тэга [Необязательный\_параметр]>

или

<Тэг\_контейнер>

[<Необязательный\_тэг>]

</Тэг\_контейнер>

* 1. **Типы и допустимые форматы значений**

|  |  |
| --- | --- |
| Тип значения | Допустимый формат значения |
| ДАТА | “ДД.ММ.ГОД ЧЧ:МН:СС”  “ДД.ММ.ГОД ЧЧ:МН”  “ДД.ММ.ГОД”  Здесь,  ДД – номер дня в месяце (1-31)  ММ – номер месяца (01-12)  ГОД – четырехзначный номер года  ЧЧ – час (00-23)  МН – минута (00-59)  СС – секунда (00-59)  ЗАМЕЧАНИЕ: Сокращенная запись  “ДД.ММ.ГОД” соответствует полной записи “ДД.ММ.ГОД 00:00:00”.  Сокращенная запись “ДД.ММ.ГОД ЧЧ:МН” соответствует полной  записи “ДД.ММ.ГОД ЧЧ:МН:00”.  Примеры:  “1.06.2005 08:30:00”  “1.06.2005 08:30”  “1.06.2005” |
| ТЕКСТ | “XXXXXXXXXXXX”  Здесь,  XXXXXXXXXXXX – произвольный текст. Минимальное число символов  в тексте – 0.  Пример:  “1825ВА1Н2НИ” |
| ЦЕЛОЕ\_ЧИСЛО | “N”  Здесь,  N – число от 0-99999999.  Пример:  “2561” |
| ДЕНЬ\_НЕДЕЛИ | “N”  Здесь,  N – номер дня недели (1-7). Так, понедельник соответствует 1,  а воскресенье – 7.  Пример:  “4” |
| ПЕРИОД\_ВРЕМЕНИ | Периоды с указанием начала и конца:  “ЧЧ:МН-ЧЧ:МН”  “ЧЧ-ЧЧ”  Периоды с указанием только начала (от начала до конца суток):  “ЧЧ:МН-”  “ЧЧ-”  Здесь,  ЧЧ – час (00-23)  МН – минута (00-59)  Примеры:  “08:30-12:40”  “13-17”  “17-” |
| ИДЕНТИФИКАТОР | “ID”  Здесь,  ID – уникальное целое число от 1 – 999999999999999.  Пример:  “122178785612331” |
| ДЛИТЕЛЬНОСТЬ | “ЧЧ.XX”  Здесь,  ЧЧ – число часов (0-9999).  XX – дробная часть часа (00-99). |

1. **Формат входных данных**
   1. **Описание**
      1. **Информационная модель файла, содержащего информацию о производстве**

Входной файл system.xml содержит в себе информацию о предприятии, его рабочем графике, составе оборудовании, используемое для изготовления изделий.

Тэг-контейнер <SystemInformation> встречается только один раз в файле с входной информацией.

<SystemInformation>

<CalendarInformation>

<EquipmentInformation>

</SystemInformation>

В теле тэга обязательно встречаются ровно по одному разу следующие тэги-контейнеры:

* <CalendarInformation> содержит описание графика работы предприятия;
* <EquipmentInformation> содержит информацию об оборудовании.

**Информация о графике работы**

Вся информация о графике работы оборудования предприятия описывается только в теле тэга-контейнера <CalendarInformation>. Он может встретиться только один раз и только в теле тэга-контейнера <SystemInformation>.

Внутри <CalendarInformation> содержатся следующие тэги:

* <Timetable> - тэг-контейнер, объединяющий информацию о рабочих днях описанного расписания. Не содержит никаких атрибутов.
* <Day> - тэг, содержащий информацию о конкретном рабочем дне. Содержится внутри тэг-контейнера <Timetable>.

<Day day\_of\_week=ДЕНЬ\_НЕДЕЛИ time\_period=ПЕРИОД\_ВРЕМЕНИ/>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| day\_of\_week | ДЕНЬ\_НЕДЕЛИ | номер дня недели |
| time\_period | ПЕРИОД\_ВРЕМЕНИ | период времени, в который предприятие работает |

*Пример:*

<CalendarInformation>

<Timetable>

<Day day\_of\_week="1" time\_period="08:00:00-16:00:00" />

<Day day\_of\_week="2" time\_period="08:00:00-16:00:00" />

<Day day\_of\_week="3" time\_period="08:00:00-16:00:00" />

<Day day\_of\_week="4" time\_period="08:00:00-16:00:00" />

<Day day\_of\_week="5" time\_period="08:00:00-16:00:00" />

</Timetable>

</CalendarInformation>

**Информация об оборудовании**

Вся информация об оборудовании описывается только в теле тэга-контейнера <EquipmentInformation>. Этот тэг не содержит никаких параметров.

<EquipmentInformation>

<EquipmentGroup>

<Equipment>

[<Equipment>]

…

[<Equipment>]

</EquipmentGroup>

[<EquipmentGroup>]

…

[<EquipmentGroup>]

</EquipmentInformation>

Тэг-контейнер <EquipmentInformation> встречается только один раз и только в теле тэга-контейнера <SystemInformation>.

Все экземпляры оборудования описываются тэгом <Equipment>.

<EquipmentGroup>

<Equipment>

[<Equipment>]

…

[<Equipment>]

</EquipmentGroup>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер группы оборудований |
| name | ТЕКСТ | наименование группы оборудований |

Информация об конкретных экземплярах оборудования описывается в тэге <Equipment>.

<Equipment id=ИДЕНТИФИКАТОР name=ТЕКСТ>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер оборудования |
| name | ТЕКСТ | наименование конкретного оборудования |

Тэг <Equipment> может встречаться сколь угодно много раз, но только в теле тэга контейнера <EquipmentGroup>. Фактически это означает, что для того, чтобы описать некоторую единицу оборудования надо ее включить в соответствующую группу (если группы нет, то необходимо специально создать для этого оборудования собственную группу). Дублирование описания одной и той же единицы оборудования недопустимо.

*Пример:*

<EquipmentInformation>

<EquipmentGroup id="01" name="Станки">

<Equipment id="01" name="Станок 1 в цехе 1"/>

<Equipment id="02" name="Станок 2 в цехе 1"/>

<Equipment id="03" name="Станок 1 в цехе 2"/>

<Equipment id="04" name="Станок 2 в цехе 2"/>

</EquipmentGroup>

<EquipmentGroup id="03" name="Инструменты">

<Equipment id="76" name="Молоток"/>

</EquipmentGroup>

</EquipmentInformation>

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, меню

Автоматически созданное описание**Пример файла**

* + 1. **Информационная модель файла, содержащего информацию о заказах**

Входной файл tech.xml содержит в себе информацию о заказах, их составах, технических процессах, используемых для изготовления изделий.

Тэг-контейнер <OrderInformation> встречается только один раз в файле с входной информацией.

<OrderInformation>

<Order>

…

</Order>

[<Order>]

…

[<Order>]

</OrderInformation>

Вся информация об изделиях, партиях и технологических операциях указывается в теле тэга-контейнера <Order>. Этот тэг не содержит никаких параметров и может встретиться несколько раз только в теле тэга-контейнера <OrderInformation>.

<Order id=ИДЕНТИФИКАТОР date\_begin=ДАТА date\_end=ДАТА>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер заказа |
| date\_begin | ДАТА | дата и время, начиная с которого можно запускать в производство заказанные изделия |
| date\_end | ДАТА | директивный срок, до которого заказ должен быть выполнен |

Информационная модель изделия (тэги <Detail>) включает в себя информацию о технических процессах (тэги <TechProcess>), состоящих из операций (тэги <Operation>), с помощью которых можно создать это изделие.

Информация о изделии описывается в тэге-контейнере <Detail>.

<Detail id=ИДЕНТИФИКАТОР name=ТЕКСТ count=ЦЕЛОЕ\_ЧИСЛО>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер вида изделия |
| name | ТЕКСТ | наименование изделия, которое необходимо создать |
| count | ЦЕЛОЕ\_ЧИСЛО | число изделий, которое необходимо сделать |

Информация о техническом процессе описывается в тэге-контейнере <TechProcess>. Тэг содержит только один атрибут – id, указывающий на уникальный номер технического процесса

<TechProcess id=ИДЕНТИФИКАТОР>

Информация о технологической операции описывается в тэге-контейнере <Operation>.

<Operation id=ИДЕНТИФИКАТОР name=ТЕКСТ duration=ДЛИТЕЛЬНОСТЬ equipment\_group=ИДЕНТИФИКАТОР prev\_operation\_id=ИДЕНТИФИКАТОР next\_operation\_id=ИДЕНТИФИКАТОР />

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер операции |
| name | ТЕКСТ | наименование операции |
| duration | ДЛИТЕЛЬНОСТЬ | длительность проведения операции |
| equipment\_group | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер группы оборудований, используемой для проведения операции |
| prev\_operation\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер операции, предшествующей описываемой операции. Если в атрибуте указан 0, то для описываемой операции нет предыдущей операции |
| next\_operation\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер операции, необходимую сделать после описываемой операции. Если в атрибуте указан 0, то для описываемой операции нет последующей операции |

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, дисплей, Шрифт

Автоматически созданное описание**Пример файла**

1. **Формат выходных данных**
   1. **Описание**

Выходной файл result.xml содержит в себе информацию о результатах выполнения заказов, описанных в tech.xml, предприятием, описанным в system.xml.

Тэг-контейнер <Result> встречается только один раз в файле с выходной информацией.

<Result all\_start\_date\_time=ДАТА all\_end\_date\_time=ДАТА>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| all\_start\_date\_time | ДАТА | дата и время начала работ над заказами |
| all\_end\_date\_time | ДАТА | дата и время завершения работ над заказами |

В теле тэга <Result> встречаются следующие тэги:

* <Order> - тэг-контейнер, содержащий информацию о выполненном заказе. Может встретиться несколько раз.
* <Product> - тэг-контейнер, содержащий информацию об изготовленных изделиях в рамках заказа. Находится внутри тэга <Order>. Может встретиться несколько раз.
* <Operation> - тэг, содержащий информацию об операции, используемой при изготовлении изделия. Находится внутри тэга <Product>. Может встретиться несколько раз.

<Result>

<Order>

…

</Order>

[<Order>]

…

[<Order>]

</Result>

Вся информация о результатах работы с каждым отдельным заказом содержится в тэге-контейнере <Order>.

<Order order\_id=ИДЕНТИФИКАТОР order\_start\_date\_time=ДАТА order\_end\_date\_time=ДАТА>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| order\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер выполненного заказа |
| order\_start\_date\_time | ДАТА | дата и время начала выполнения заказа |
| order\_end\_date\_time | ДАТА | дата и время завершения выполнения заказа |

Информация о результатах работы с каждым изделием из определённого заказа содержится в тэге-контейнере <Product>.

<Product id=ИДЕНТИФИКАТОР product\_id=ИДЕНТИФИКАТОР tech\_process\_id=ИДЕНТИФИКАТОР product\_start\_date\_time=ДАТА product\_end\_date\_time=ДАТА>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер конкретного изделия |
| product\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | номер вида изделия |
| tech\_process\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | номер технического процесса, с помощью которого было изготовлено изделие |
| product\_start\_date\_time | ДАТА | дата и время начала изготовления конкретного изделия |
| product\_end\_date\_time | ДАТА | дата и время завершения изготовления конкретного изделия |

Информация о выполненных операциях при изготовлении конкретного изделия содержится в тэге <Operation>.

<Operation operation\_id=ИДЕНТИФИКАТОР prev\_operation\_id=ИДЕНТИФИКАТОР next\_operation\_id=ИДЕНТИФИКАТОР equipment\_id=ИДЕНТИФИКАТОР operation\_start\_date\_time=ДАТА operation\_end\_date\_time=ДАТА>

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Тип | Описание |
| operation\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер операции |
| equipment\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер оборудования, используемого для проведения операции |
| prev\_operation\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер операции, предшествующей описываемой операции. Если в атрибуте указан 0, то для описываемой операции нет предыдущей операции |
| next\_operation\_id | ИДЕНТИФИКАТОР | уникальный номер операции, необходимую сделать после описываемой операции. Если в атрибуте указан 0, то для описываемой операции нет последующей операции |
| operation\_start\_date\_time | ДАТА | дата и время начала выполнения операции |
| operation\_end\_date\_time | ДАТА | дата и время завершения выполнения операции |

Изображение выглядит как снимок экрана, текст

Автоматически созданное описание**Пример файла**

1. **Тестирование входных данных на физическую возможность выполнения заказов**
   1. **Описание**

Перед запуском алгоритма на данных производства и заказов необходимо проверить данные заказы на возможность их исполнения на данном производстве.

Для каждой детали из каждого заказа проверяются все необходимые для производства операции – выясняется, есть ли на указанном производстве необходимое для исполнения операции оборудование.

Если оборудование для выполнения отсутствует, тест сообщает, для какой операции нет необходимого оборудования.

1. **Тестирование результатов работы алгоритма на физическую возможность исполнения.**
   1. **Описание**

Для проверки результатов алгоритма на физическую возможность исполнения предлагается тестирование, включающее в себя следующие пункты:

1. Проверка, что каждая операция выполняется соответствующее ей время.
2. Проверка соответствия техпроцесса из результирующего файла реальному техпроцессу и контроль правильного порядка исполнения операций.
3. Проверка указанных временных промежутков для всех объектов результирующего файла.
4. Проверка занятости оборудования – на одном оборудовании не могут исполняться две операции одновременно.

1. **Сравнительное тестирование двух результатов работы алгоритма по критерию просроченных заказов.**
   1. **Описание**

Для того, чтобы сравнивать результаты работы алгоритма по качеству, предлагается следующее тестирование:

Два результата сравниваются друг с другом по критерию просроченных заказов. Для каждого результата вычисляется произведение количества часов, на которые заказ был просрочен на суммарное количество часов, выполненных за границей директивного срока для каждой детали из соответствующего заказа.

* 1. **Интерпретация критерия**

Нормируем общую трудоёмкость, выполненную за границей директивного срока на общую трудоёмкость заказа. Сумму результатов по каждому заказу делим на количество заказов.

*–* полная трудоёмкость заказа

*–* трудоёмкость детали ,*типа ,* из заказа , выполненная за границей директивного срока. 0 в случае, если успели выполнить деталь в срок,