

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2021.60.49.005

Автоматизация бизнес-процессов отдела промышленной безопасности для улучшения работы вакуумной техники**Полюдов Никита Александрович**

Бакалавр,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: npolyudov@mail.ru

Набиуллин Руслан Ринатович

Студент,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: nabiullin5740@gmail.com

Кутышев Максим Андреевич

Студент,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: macsimkutyshev@yandex.ru

Григорьева Екатерина Валерьевна

Бакалавр,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: grigorevva_99@mail.ru

Абдулганиев Алим Назимович

Бакалавр,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
105005, Российская Федерация, Москва, 2-я Бауманская ул., 5;
e-mail: alimusmgtu@mail.ru

Аннотация

Создание систем планирования производства на предприятиях с использованием информационных технологий и методов моделирования, учитывающие оптимальное использование производственных, материальных, трудовых и информационных ресурсов, является чрезвычайно трудоемким и требует решения целого ряда принципиально новых

комплексов задач, которые отражают многообразие процессов как в самих системах предприятий, так и их связь с внешней средой. Определение возможностей предприятия как на укрупненном этапе планирования производства, так и на оперативном позволяет конкретизировать объемы производства, прогнозировать выпуск и проектирования конкурентоспособной продукции. Поэтому разработка информационной системы планирования производства, которая учитывает как внутренние, так и внешние связи предприятия является актуальной. Целью работы являлась разработка информационной системы, предоставляющей информацию для принятия решения об изготовлении изделия на этапе производственного планирования. Авторами разработаны алгоритмы автоматизации планирования производства на базе избранной методологии производственного планирования, которая предусматривает формирование производственного плана в две стадии: укрупнение планирование (с формированием основного плана) и детальное планирование (с формированием оперативного плана-графика выполнения операций). Для решения поставленных задач использовались следующие методы: методы анализа и синтеза для исследования свойств факторов, влияющих на эффективность информационных ресурсов планирования производства, методы алгоритмизации и программирования при разработке информационной системы планирования механосборочного производства. В работе осуществлена постановка и решение задачи планирования производства. При этом получены следующие научные результаты: установлена связь элементов системы планирования производства с целью уменьшения количества повторяющихся используемых объектов; формализована задача оперативного планирования механосборочных работ.

Для цитирования в научных исследованиях

Полюдов Н.А., Набиуллин Р.Р., Кутышев М.А., Григорьева Е.В., Абдулганиев А.Н. Автоматизация бизнес-процессов отдела промышленной безопасности для улучшения работы вакуумной техники // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Том 11. № 4А. С. 41-59. DOI: 10.34670/AR.2021.60.49.005

Ключевые слова

Бизнес-система, использование, база данных, проектирование, формирование.

Введение

Разработанные на сегодняшний день существуют крупные информационные системы (ERP-системы), имеющие в своем составе модуль производственного планирования. Системы управления ресурсами предприятия (ERP) – это компьютерные системы, автоматизирующие и связывающие планирование, производство, продажи и маркетинг компании. ERP-системы предназначены для комплексной автоматизации (в первую очередь крупных) предприятий. В своем современном виде ERP-системы появились на рынке в 90-х годах XX века. Поскольку информационные системы охватывают не только планирования производством, это означает, что для внедрения модуля планирования производства предприятию потребуется вложить инвестиции во весь контур программных модулей, предлагаемых ERP-системой.

Основное содержание

Решение о внедрении всей ERP-системы может оказаться полезным для предприятия при отсутствии уже имеющейся корпоративной информационной системы и при наличии во внедряемой ERP-системе соответствующих ей алгоритмов планирования. Однако, в таком случае существует высокий риск того, что имеющиеся в этой системе алгоритмы не смогут учесть особенностей предприятия, и потенциальные расходы на доработку массивной системы окажутся значительными. Статистика показывает, что более трети компаний, покупающих известную корпоративную систему SAP – это средние фирмы с годовым оборотом менее 200 млн. долл.

Дополнительный недостаток ERP-систем для процесса планирования производства заключается в том, что они адаптированы под транзакционные методы обработки информации (объединение нескольких рутинных операций в единое действие) имеют архитектуру, организованную специально для отслеживания деятельности всего предприятия, в то время как для процесса планирования требуется большая гибкость и наличие системы поддержки принятия решения (например, путем выбора из имеющихся вариантов).

Существуют системы, подход которых в большей степени соответствует назначению APS-систем, которые являются отдельными программными инструментами, специализирующимися исключительно на производственном планировании и составлении расписаний.

Управление производством с помощью «вытягивающей» системы позволяет управлять не только производством в целом, но и конструкторской и технологической подготовкой производства, материальными объектами и ресурсами, задействованными в оперативном планировании. То есть создается единое информационное пространство, которое поддерживается существующими информационными технологиями, которые обеспечивают: реинжиниринг процессов производства и технологической подготовки производства, описание и визуальное представление структуры изделия, управление процессами производства и его технической подготовки.

Разработанная информационная система оперирует такими основными объектами, используемыми при построении плана производства:

- объект `OperationList` - содержит заданный список технологических операций, необходимых для изготовления изделия (`OperationListRow`). В классе `OperationListRow` содержится информация об операциях технологического процесса (`Operation`), а также дополнительная информация о нормативной продолжительности выполнения технологической операции и группе рабочих центров;
- объект, который хранит сведения о конкретной единице производственного оборудования (`Equipment`) и содержит тип оборудования (класс `EquipmentType`) и подраздел, в котором установлено оборудование (класс `Department`, содержащий, кроме информации о подразделении, также и информацию о подчиненных подразделениях);
- объект (`WorkGroup`), содержащий список работников (`Equipment`);
- объект (`Item`), характеризующий номенклатурную позицию, имеет уникальный код и наименование. У данного объекта есть свойство «Вид номенклатуры» (материал, полуфабрикат, готовая продукция) (класс `ItemType`);
- небольшой класс (`UnitMeasure`), который хранит сведения об единицах измерения (код за ОКЕИ и наименование). С помощью статического (единого для всей информационной системы) список объектов `UnitMeasureConvertRule` (правил конвертации единиц

- измерения) реализуется перевод числа из одних единиц измерения в другие;
- объект `AmountValue` - используется для хранения количества, как оболочка для базового типа `double`. Данная особенность связана с тем, что для одной и той же номенклатурной позиции могут использоваться разные единицы измерения в разных источниках (например, в составе изделия и в производственном запуске). Для обеспечения правильных расчетов (в т. ч. суммирования количества по одной номенклатурной позиции) нужно сохранять кроме числового значения также и единицу измерения, что и позволяет данный класс;
 - информацию о составе изделия (`BillOfMaterial`) данного класса реализует загрузки данных из БД, в том числе и с рекурсией, если требуется получение всего дерева изделия. Данный класс содержит список объектов класса `BillOfMaterial`, предоставляя таким образом возможность хранения дерева изделия;
 - информация о производственном заказе (`ProductOrder`) (ссылка на склады изделий и количество изделий);
 - информация о запуске в производство (`ProductLaunch`) и содержит метод для загрузки с БД дополнительных сведений о входящих производственных заказах;
 - укрупненный план производства (`MasterPlan`): сохраняет параметры расчета и данные с результатами расчета;
 - оперативный план производства (`DetailedPlan`): сохраняет параметры расчета и данные с результатами расчета;
 - процедура расчета укрупненного плана производства (`MasterPlanner`). Использует параметры из объекта `MasterPlan`;
 - процедура расчета оперативного плана-графика производства (`DetailedPlanner`). Использует параметры из объекта `DetailedPlan` и обращается к связанному с ним объекту `MasterPlan` в процессе расчета для получения ориентиров по результатам укрупненного планирования.

С целью уменьшения количества повторяющихся объектов, загружаемых из базы данных в оперативную память, реализованные классы `EquipmentFactory` и `DepartmentFactory`, которые имеют принцип работы, схожий с шаблоном проектирования «Фабрика». Например, при необходимости добавить новые объекты с типом `EquipmentType`, вызывается соответствующий статический метод класса `EquipmentFactory`, который проверяет наличие объекта с данным ключевым полем в базе, и если он присутствует, то возвращается ссылка на имеющийся объект. Если же объект по таким ключевым полем ранее не загружался с БД, создается новый объект и возвращается ссылка на него.

Классы `UnitMeasure`, `Item`, `ItemType`, `EquipmentType`, `Equipment`, `WorkGroup`, `Department`, `Operation`, `ProductOrder`, `ProductLaunch` реализуют интерфейс `IEquatable`, благодаря чему объекты, реализующие данные классы, могут быть проверены на идентичность по ключевым полям упрощенным способом с помощью функции `Equals`.

Все классы, относящиеся к процедуре производственного планирования, а также сами процедуры планирования, выделены в отдельную библиотеку `Planning.Core.dll` для удобства использования при дальнейших разработках усовершенствованных алгоритмов планирования и средств интеграции со сторонними информационными системами.

Для информирования об ошибках и предупреждения, возникающие в процессе планирования, в информационной системе используется статический объект разработанного

для данных целей класса Log. Данный класс имеет процедуру Error, которая вызывает соответствующие обработчики в зависимости от входных параметров (признак критичности IsCritical завершает работу программы после выдачи уведомления, признак ToFile вызывает процедуры записи поступила в файл).

Для обеспечения разрабатываемой информационной системы возможностью обращения к базе данных, в проект средствами среды Visual Studio добавлена модель EDM ADO.NET (модель под названием «ProdModelEDM.edmx»). На рис. 3.2 продемонстрирована часть автоматически сформированной визуальной модели. Модель создана по принципу Database First, который подходит для создания модели при наличии готовой базы данных.

Несмотря на высокую скорость подключения к базе данных MS SQL Server, в случае с использованием рекурсии при получении состава изделия реализована возможность передавать ссылку на объект подключения в качестве параметра к рекурсивной функции. Данное техническое решение позволило на крупных изделиях увеличить скорость выполнения распределения в 2 раза.

Выбранный подход к планированию производства предусматривает 2 стадии процесса – формирование укрупненного плана и формирование детализированного плана. Нами приведены алгоритмы формирования данных планов, разработанные на базе изученных подходов к автоматизации процесса планирования. В алгоритме укрупненной планировки можно выделить следующие основные этапы:

- 1) По каждому складу изделия, что находится в каждом производственном заказе каждого запуска, что входит в выбранный вариант основного плана: определение для каждой позиции состава изделия с видом воспроизводства «Производство» суммарного количества, необходимого на изделие. Дробление подсчитанного количества на партии (по размеру передающей партии, задаваемой в свойствах состава изделия). В случае, если размер следующей партии окажется меньше размера передаточной партии, следующая партия должна быть присоединена (суммировать) к текущей партии. На каждой созданной партии возможно получить актуальный состав данной единицы и повторить пункт 1. Каждую партию последовательно пронумеровать (порядковым номером) и записать в уникальный код партии в поле ProdSpecID;
- 2) В отсортированном по порядковому номеру списка партий изделия: по каждой партии со своим значением ProdSpecID, что не имеет родительского ProdSpecID (для обратного планирования) или при отсутствии строк (в списке партий), в которых данная партия со значением ProdSpecID является родительской (для прямого планирования) - вызвать функцию, которая возвращает актуальный на момент запуска список технологических операций (а также повторяет пункт 2);
- 3) Согласно порядку прохождения партий на каждом уровне иерархии: для каждой операции технологического процесса увеличивать время загрузки группы изменения в данный день на величину трудоемкости данной технологической операции. В случае если группа смены загружена на 95-100%, переносить продолжение данной операции (начало следующей операции) на следующий день.

Для ускорения процедуры расчета, применено техническое решение, не загружать состав DCE повторно, если для одной из предыдущих партий данной DCE загрузки была проведена ранее. Для этого разработана статическая функция BillOfMaterial.GetLastBOM. Сокращение продолжительности происходит за счет сокращения количества подключений к базе данных.

Рассмотрим алгоритм детального планирования.

- 1) Согласно порядку прохождения партий на каждом уровне иерархии: для каждой очередной технологической операции (в которой родительская детальная операция полностью выполнена) определить приоритет на все невыполненные операции, исходя из напряженности, а также (при одинаковом количестве напряженности) из порядкового номера ProdSpecID;
- 2) Назначить технологическую операцию для выполнения на конкретном производственном оборудовании из группы изменения и зафиксировать время начала и окончания. В случае, если единица оборудования занята (имеются запланированные операции, которые попадают в интервал времени (установленный на этапе укрупненного планирования)), запланировать технологическую операцию на следующий по приоритету рабочий центр в группе изменения;
- 3) В случае, если все рабочие центры с группы изменения заняты, перенести часть операции на ближайший интервал времени, на котором окажется свободен хотя бы один рабочий центр с группы изменения;
- 4) Повторять пункт 1 до достижения конечного уровня иерархии всех запускаемых в производство изделий.

Таким образом, сформулированы алгоритмы, заложенные в разрабатываемую информационную систему.

Сменно-суточные задания представляют собой выдаются каждую смену производственному персоналу списки технологических операций с указанием точного времени начала и окончания выполнения операции, оборудование, сотрудника, а также номера производственного заказа и объема обрабатываемой партии деталей.

Сменно-суточное задание является важным инструментом планово-распределительной работы, благодаря ему план конкретизируется на каждые сутки и смену для каждого рабочего. Таким образом, сменно-суточное задание может быть представлено в виде таблицы со следующими полями:

- Номер заказа;
- Технологическая операция;
- DCE;
- Размер партии DCE;
- Рабочий центр;
- Сотрудник;
- Плановое время начала;
- Плановое время окончания.

Для формирования сменно-суточного задания необходима возможность выбора варианта детального планирования, результаты которого будут использоваться для заполнения сменно-суточного задания.

При создании сменно-суточного задания должна быть предусмотрена возможность отбора подразделения, выбора даты отбора сотрудника и рабочего центра. Также должна быть предусмотрена возможность группировки списка технологических операций по рабочему центру или сотруднику, для того чтобы конкретному сотруднику программа отражала только те технологические операции, которые запланированы на него.

Последовательно обходя запланированы на заданный день технологические операции, информационная система должна определять перечень доступных на данный интервал времени

период сотрудников, имеющих компетенции для работы с производственным оборудованием данного вида (данное соответствие сохраняется в БД в таблице `staff_equipment_type`). Формирование сменно-суточных заданий проходит следующие этапы:

- 1) Выбор пользователем детального плана;
- 2) Выбор пользователем даты планирования. Появятся те операции, которые запланированы на выбранный день;
- 3) Выбор пользователем сотрудника. Показаны все операции, которые были запланированы на выбранного сотрудника. Поле может быть пустым (отбор по всем возможным сотрудникам);
- 4) Выбор пользователем рабочего центра. Показаны все операции, которые были запланированы на выбранный рабочий центр Поле может быть пустым (отбор по всем возможным рабочим центрам).

Таким образом, в данном разделе представлено описание заложенных в разработанную информационную систему объектов и алгоритмов производственного планирования.

Организация оперативно-диспетчерского управления производством основывается на детализации по исполнителям ранее рассчитанного календарного плана выпуска продукции в пределах заданного планового интервала. Реализация этой функции осуществляется задачей оперативного планирования, результатом которой является пространственное и временное упорядочение комплекса запланированных работ. Пространственное упорядочение выражается в определении каждому исполнителю пооперационного плана работ, а временное – установление очередности поступления или срока выполнения работ.

В механосборочном производстве оперативный плановый интервал, как правило, не превышает смены (суток), а исполнителем является технологическое оборудование.

Объектами процесса планирования в данной задаче являются работы технологические операции сборки, партии деталей и сборочных единиц, для которых необходимо установить порядок прохождения через оборудование при фиксированных технологических маршрутах сборки.

Формализация задачи оперативного планирования механосборочных работ имеет вид.

Задается номенклатура перечень продукции, которая производится на m групп ($k=1,m$) оборудования и состоит из n наименований ($j=1,n$).

Изготовление партии изделий каждого наименования заранее определено последовательностью прохождения деталей согласно маршрутной технологии $G_j=(L_{ij}|i=1,M_j)$, где L_{ij} – технологическая операция, которая выполняется i -й по порядку изготовления j -й детали; M_j – количество операций, которые выполняются над j -й наборной единицей.

Технологические операции $L_{ij}=(Q_{ij},T_{ij})$ имеют следующие характеристики: $Q_{ij}=k$ – номер группы оборудования, настроенного на выполнение операции L_{ij} ; T_{ij} – нормативная продолжительность выполнения операции L_{ij} .

Необходимо составить оперативный план изготовления $P=(T_{ij}|i=1, M_j, j=1, n)$, который определяет моменты начала выполнения операций L_{ij} (моменты запуска партии деталей на единицах оборудования) и удовлетворяет системе ограничений:

- условие выполнения технологической последовательности:

$$T_{ij}^H \geq T_{i-1,j}^K \quad (1)$$

условие выполнения технологических маршрутов;
условие выполнения операций без перерывов:

$$T_{ij}^K = T_{ij}^H + T_{ij} \quad (2)$$

условие выполнения в каждый момент времени только одной операции на единице оборудования:

$$(T_{i1j1}^H \leq T_{i2j2}^H) \Rightarrow (T_{i1j1}^K \leq T_{i2j2}^K) \quad (3)$$

где T_{ij}^K – момент окончания выполнения операции L_{ij} .

Поиск лучшего оперативного плана выполняется по критерию эффективности, выбор которого индивидуально зависит от экономических, организационных и технических особенностей работы конкретного производственного подразделения.

Процесс построения критерия эффективности состоит из определения показателя оценивания и выбора формы выражения оценки в зависимости от экономических условий организации производства. Чаще всего показателем оценивания в критерии определяют время производственного цикла, фондотдачу оборудования, объем незавершенного производства, а формой оценивания – суммарное, максимальное или минимальное значение показателя или его среднего значения за плановое время.

Наиболее распространенными типами критериев являются:

- 1) минимизация производственного цикла – времени выпуска заданного объема продукции как суммарной продолжительности сборки всех изделий:

$$\min(\max_{j,i}\{T_{i,j}^K\}) \quad (4)$$

$$\min(\max_k\{T_k^P + T_k^П\}) \quad (5)$$

$$\min(\max_j\{\sum_i(T_{ij}^{оч} + T_{ij}^П)\}) \quad (6)$$

где T_k^P – суммарное время выполнения операций на k -ой единице оборудования; $T_k^П$ – суммарное время простоев k -ой единицы оборудования, $T_{ij}^{оч}$ – ожидание j -ой детали перед сборкой на i -й операции;

- 2) оптимизация использования оборудования (фондотдачи):

– максимизация загрузки оборудования, а именно:

минимального –

$$\max(\min_k\{K_k^3\}) \quad (7)$$

общего –

$$\max(\sum_k K_k^3) \quad (8)$$

где $K_k^3 = T_k^P / (T_k^P + T_k^\Pi)$ – коэффициент загрузки k-ого оборудования;
минимизация времени простоя оборудования, а именно: единицы максимального

$$\min(\max_k \{T_k^\Pi\}) \quad (9)$$

максимального межоперационного простоя оборудования –

$$\min(\max_{i,j} \{T_{ij}^\Pi\}) \quad (10)$$

общего –

$$\min(\sum_k T_k^\Pi) \quad (11)$$

где T_{ij}^Π – простой k-ой единицы оборудования ($k = Q_{ij}$) перед выполнением операции L_{ij};
 $T_k^\Pi = \sum_{(i,j) | Q_{ij}=k} T_{ij}$ – суммарный простой k-ой единицы оборудования;
– минимизация среднего межоперационного простоя оборудования, а именно:
максимального –

$$\min(\max_k \{T_k^\Pi / N_k\}) \quad (12)$$

общего -

$$\min(\sum_k \frac{T_k^\Pi}{N_k}) \quad (13)$$

где N_k – количество операций, выполняемое на k-й единице оборудования, или количество единиц простоя в случае, если оборудование выполняет одинаковое количество операций;

3) минимизация незавершенного производства:

– минимизация ожидания деталей перед сборкой, а именно:

максимального межоперационного ожидания –

$$\min(\max_{i,j} \{T_{ij}^{оч}\}) \quad (12)$$

общего ожидания –

$$\min(\sum_{i,j} T_{ij}^{оч}) \quad (13)$$

– минимизация среднего ожидания деталей перед сборкой, а именно:
максимального –

$$\min(\max_j \left\{ \frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{M_j} \right\}) \quad (14)$$

$$\min(\max_j \left\{ \frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{N_j} \right\}) \quad (15)$$

общего –

$$\min\left(\frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{M_j}\right) \quad (16)$$

$$\min\left(\frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{N_j}\right) \quad (17)$$

где N_j – количество единиц времени ожидания j -ой детали перед сборкой (может применяться в случае, если M_j одинаковое для всех деталей).

Каждый из приведенных типов критериев ориентирован на удовлетворение только собственного показателя эффективности производства. Тем не менее, первый является несколько более общим и многофункциональным по отношению ко второму и третьему, поскольку может их оптимизировать при различных технологических условиях организации производства. Так, если все детали обрабатываются по одинаковому технологическому маршруту, то использование первого критерия означает также оптимизацию использования оборудования, то есть минимизацию простоя.

Часто в реальных производственных условиях необходимо решать задачу оперативного планирования, учитывая одновременно несколько критериев.

Важными показателями качества расписания, с точки зрения его реализации при оперативно-диспетчерском управлении, выступают простои оборудования, время ожидания деталей перед сборкой и локальные резервы времени.

Локальный резерв операции L_{ij} рассчитывается как минимальное значение между простоем оборудования $k=Q_{ij}=Q_{gh}$ после выполнения операции L_{ij} и время ожидания j -ой детали перед обработкой на операции $L_{i+1,j}$:

$$T_{ij}^{пф} = \min\{T_k^{пф}, T_{i+1,j}^{оч}\};$$

$$T_{i+1,j}^{оч} = T_{i+1,j}^H - T_{ij}^K;$$

$$T_k^{пф} = T_{gh}^H - T_{ij}^K,$$

Резерв создается как за счет невозможности полной загрузки оборудования даже при условии оптимального решения задачи оптимального планирования, так и за счет целенаправленного введения его в расписание работы. Основное назначение локального резерва заключается в использовании его в оперативно-диспетчерском управлении с целью компенсации внешних воздействий на время выполнения операций. Также резервы могут быть использованы для включения в расписание работы дополнительных работ, не нарушающих основную структуру расписания, но повышающих загрузку оборудования. Для сложных задач (различные технологические маршруты сборки, количество оборудования превышает три тому подобное) с точки зрения практических целей получения результата за короткий срок чаще всего используют алгоритмы составления расписаний на базе решающих правил в режиме имитации работы производственной системы. В этом режиме выполняются параллельная (одновременная) построение диаграмм Ганта для всех единиц технологического оборудования, участвующих в процессе планирования.

Диаграмма Ганта – это временной график выполнения операций технологических маршрутов сборки на определенных единицах оборудования. Графически подается в виде диаграммы, где против каждой единицы оборудования в определенные моменты времени назначены операции сборки.

Алгоритм построения расписаний по данному методу следующий:

0. Пусть в некоторый момент времени $T = \min(T_{ij}^k)$ сборщик $l = Q_{ij}$ закончил выполнение операции и текущей сборочной единицы j . Этот момент определяется как минимальный среди всех установленных на текущий момент завершения выполнения операций в графике работ.

1. Сборочная единица j заносится в список работ следующего за технологическим маршрутом оборудования $l' = Q_{i+1,j}$. Список работ – это подготовленные (в состоянии ожидания) к выполнению на оборудование операции обработки/сборки деталей. Если есть несколько вариантов технологического маршрута, деталь одновременно заносится в соответствующее количество списков. Если выполненная операция была последней по технологическому маршруту $i=M_j$, то сборочная исключается из рассмотрения. Этот пункт повторно выполняется для всего оборудования, которые на момент T завершили выполнение операций.

2. Если список работ пуст l пуст, то он будет переведен в Состояние простоя. В противном случае с помощью решающего правила преимущества из списка выбирается одна сборочная единица j' и записывается как текущая в расписание работ данного оборудования с указанием времени завершения сделки

$$T_{i'j'}^k = T_{i'j'}^H + T_{i'j'}$$

Выбранная таким образом сборочная единица исключается из всех списков, где она находилась. Этот пункт повторно выполняется для всех видах оборудования, которые на момент T завершили выполнение операций.

3. Если в случае выполнения п. 1 появилась возможность загрузить станок, который находится в состоянии простоя, то соответствующая деталь записывается в расписание работ этого оборудования, для которого формируется новое значение времени завершения операции по правилу п. 2.

4. Выбирается следующее оборудование с минимальным текущим значением T и

выполняется переход к п. 0. Планирование ведется до полного выполнения всех операций над деталями или до тех пор, пока не будет построено расписание на нужный интервал планирования (смену/сутки).

Таким образом, декомпозиция задачи планирования позволит существенно уменьшить размерность, сложность и ускорит решение задачи. Однако существует зависимость качества решения от точности оценок времени обработки увеличенных партий деталей, применяемых на первом этапе. Поэтому при использовании такого подхода в аналитико-имитационных методах необходимо разрабатывать несколько вариантов выполнения первого этапа с целью проведения качественного анализа полученных результатов задачи.

Кроме расчета производственного плана основной из задач разрабатываемой информационной системы является отображение (визуализация) результирующей информации. К результирующей информации относится информация:

- о начале и окончании изготовления деталей;
- о начале и окончании выполнения технологических операций на оборудовании.

Наиболее наглядным способом отображения данной информации является диаграмма Ганта, являющаяся одним из типов столбчатых диаграмм и предназначенная для отображения графика работ. Для отображения вспомогательной числовой информации (по объемам плановых работ и загрузке оборудования) разработаны таблицы, что предоставляют отчетные сведения.

Для использования диаграммы Ганта на производстве одним из основных моментов является веха. Веха – это важная для конкретного производственного процесса метка, которая соединяет две и более задачи. С их помощью можно наглядно продемонстрировать всю важность синхронизации производственных процессов, а также показать правильные последовательности в выполнении определенного комплекса работ. В то же время вехи, как и другие границы, находящиеся на диаграмме, не являются датами календаря.

Именно это отсутствие жесткой привязки к календарю, то есть привязанности дел к абсолютным датам и времени, и не позволяет называть диаграмму Ганта четким графиком работ. Многие называют эту невозможность основным недостатком диаграммы. Вместе с этим она не способна демонстрировать приоритетность того или иного бизнес-процесса или проекта, а также ничего не говорит об их ресурсоемкости и трудовых затратах.

Диаграмма Ганта состоит из полос, расположенных вдоль горизонтальной оси времени. Ось времени группируется на интервалы с определенной периодичностью.

По вертикальной оси располагаются элементы, которые могут быть представлены как изделиями (в случае отражения сроков начала и окончания изготовления изделий), так и единицами оборудования (в случае отражения времени начала и окончания выполнения технологических операций).

С учетом целей визуализации результатов укрупненного и оперативного планирования производства данного пользовательского элемента управления предъявляются следующие функциональные требования:

1. Наличие отбора по периоду: должна быть предусмотрена возможность указания задать начало и задать окончания интервала времени для отображения. Такое решение позволит отображать как укрупненный план (пользователь имеет возможность указывать необходимый диапазон дат), так и оперативный план (для которого будет в достаточный минимально возможный период в один день), что привносит универсальность в данный элемент управления.

Математическая модель укрупненного планирования выглядит следующим образом.

$$F_l \rightarrow \min, l \in \{\overline{1, f}\} \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{p_i} e_{ijk} (a_{ij} * t_{0e_{ijk}} + t_{\text{ПЕР}e_{ijk}} + t_{\text{ОС}e_{ijk}} + t_{\text{ОСТ}e_{ijk}}) \leq \Phi_{\text{СК}} \quad (19)$$

$$k = \overline{1, n}; \quad (20)$$

$$\sum_{m=1}^{Z_l} t_{\text{ТР}lm} e_{ijk} \leq \Phi_{\text{ТЛ}}, \quad l = \overline{1, r} \quad (21)$$

$$t_{0e_{ijk}}^{\text{H}} \geq t_{0e_{ij-1s}}^{\text{KH}}, \quad k, s \in N\{1, n\} \quad (22)$$

$$t_{0e_{i1k}}^{\text{H}} \geq t_{0e_{dp_d^s}}^{\text{KH}} \quad | e_i \in M^E \nabla e_d \in e_i; \quad k, s \in N\{1, n\} \quad (23)$$

$$t_{\text{ТЛ}e_{ijk}}^{\text{H}} \geq t_{l^e_{mhq}}^{\text{KH}}, \quad l \in R; i, m \in M; k, q \in N\{1, n\} \quad (24)$$

$$T_{\text{ПЕР}} = \{t_{\text{ПЕР}e_{ijk}}\} \quad (25)$$

$$T_{\text{ТР}} = \{t_{\text{ТР}sk} \quad | s, k \in N\} \quad (26)$$

$$T_0 = \{t_{0e_{ijk}}\} \quad (27)$$

$$N = \{1, n \mid n \geq 1\}; M = \{1, m \mid m \geq 1\}; R = \{1, r \mid r \geq 1\} \quad (28)$$

где $t_{\text{ПЕР}e_{ijk}}$ – потеря времени, связанные с наличием операций переналадок в гибких производственных моделях при поступлении новых партий операций деталей; $t_{\text{ОС}e_{ijk}}$ – потери времени, связанные с ожиданием партий деталей, находящихся в необходимый момент на отделке на предыдущей операции; $t_{\text{ОСТ}e_{ijk}}$ – потери времени, связанные с ожиданием

партий деталей, находящихся в процессе транспортировки; $t_{\text{ОС}e_{ijk}}^{\Sigma}$ – суммарное время простоя k -го гибких производственных моделей при обработке единицы планирования. Выражение (18) отражает функционал однокритериальной задачи оптимизации, выражения (19-20) – ограничение по фонду времени гибких производственных моделей и технического задания, (21) – условие предшествования, что отражает логику выполнения операций, (22) – условие предшествования для выполнения единицы планирования, которые представляют собой сборочные узлы - первая операция на сборочном узле должна начаться позже любой единицы

планирования, которая входит в этот сборочный узел, то есть если (23) – условие предшествования для технического задания, обеспечивающее выполнение только одной заявки во времени;

2. Возможность установки периодичности: пользователь должен иметь возможность варьировать группировка интервалов по оси времени из предложенных вариантов: по 4 часа, по дням, по неделям, по декадам, по месяцам. Предполагается, что данный набор видов периодичности охватит все потребности в получении наглядного представления о производственном плане на больших и небольших промежутках времени;

3. Построение графика по кнопке «Построить график». Поскольку процесс загрузки данных для отображения может занять длительное время, данное решение позволит пользователю произвести настройку сразу нескольких параметров диаграммы до отображения графика;

4. Возможность прокрутки графика по горизонтали и вертикали: необходима ввиду того, что весь набор элементов или интервалов времени может не поместиться в видимую область формы;

5. Фиксация области подписей на осях времени и элементов при прокрутке: позволит пользователю всегда видеть, на пересечении которых значений по оси времени и оси элементов находится элемент, без необходимости обратной прокрутки в начало графика;

6. Отображение детальной информации при наведении на полосу графика. Данная возможность повысит информативность и оперативность получения сведений, так как позволит пользователю на самой диаграмме увидеть текстовую и числовую информацию относительно необходимой операции или детали.

На форму для пользователя элемента управления добавлены кнопки типа `ToggleButton`, установка которых сообщает об изменении периодичности. Автоматическое снятие выделения из остальных кнопок при нажатии на одну из кнопок реализовано непосредственно в коде пользовательского интерфейса путем использованием механизма триггеров: состояние `IsChecked` закладывается только при конкретном установленном значении переменной `Periodicity`, что имеет тип `DiagramPeriodicity`.

Для расчета моментов начала и окончания каждого интервала времени, согласно заданной периодичности, используются разработанные функции `Floor-Time`, `CeilTime` и `GetNextDT`, в качестве параметров принимают дату и периодичность, и на выходе выводят соответственно:

- начало интервала, в который попадает указанная дата;
- конец интервала, на который попадает указанная дата;
- начало следующего интервала.

К событию нажатия на кнопку «Построить график» привязан вызов метода `Draw`, который состоит из трех основных частей:

1. Рисование верхней области с заголовками интервалов;
2. Рисования области слева с заголовками элементов;
3. Рисование полосок.

На форму добавлен элемент управления `diagramCanvas` (имеет тип `Canvas`), который использован нами для рисования элементов диаграммы Гантта. Возможность прокрутки добавлена путем вращения этого элемента в элемент типа `ScrollView`.

Для рисования верхней области с заголовками интервалов путем описанных выше функций подсчитано количество интервалов, попадающих в отобранный период времени (переменная `IntervalsCount`), и для каждого интервала времени на элемент `diagramCanvas` прилагаются соответствующие визуальные элементы управления.

Заключение

Разработаны алгоритмы автоматизации планирования производства на базе выбранной методологии производственного планирования, которая предусматривает формирование производственного плана в две стадии: укрупнение планирования (с формированием основного плана) и детальное планирование (с формированием оперативного плана-графика выполнения операций). Разработаны средства визуализации результатов планирования, позволяют наглядно отобразить сроки завершения изготовления всего изделия и входящих в него деталей и сборок, а также оценить плановую загрузку производственного оборудования. Для этих целей был разработан собственный компонент отображения в виде диаграммы Ганта. Проведена проверка работы информационной системы на данных по небольшому пробному изделию. Результаты апробации позволяют сделать вывод, что разработанная информационная система позволяет в относительно короткий срок получить производственный план и выдать задания производственного персонала для изготовления изделия.

Библиография

1. Amigud, M. Y. (1977). left bracket Scheduling the Launching into Production and Manufacture of Components and Assembly Units of Turbine Engineering Products Under the Conditions of Automatized Business Management Systems. [PLANIROVANIE V USLOVIYAKH ASUP ZAPUSKA - VYPUSKA DETALEI I SBOROCHNYKH EDINITS IZDELII TURBOSTROENIYA.]. *Energomashinostroenie*, 3(9), 24–26.
2. Belitskaya, M. (2018). Ecologically adaptive receptions control the number of pests in the ecosystems of transformed at the forest reclamation. *World Ecology Journal*, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.001>
3. Garin, A. P., Andryashina, N. S., Kozlova, E. P., Kuznetsova, S. N., & Tsymbalov, S. D. (2020). Study of Approaches to the Formation of the System of Business Processes at the Enterprises of Mechanical Engineering. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 111, 499–506. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39797-5_48
4. Garina, E. P., Kuznetsov, V. P., Egorova, A. O., Garin, A. P., & Yashin, S. N. (2016). Formation of the system of business processes at machine building enterprises. *European Research Studies Journal*, 19(2 Special Issue), 55–63.
5. Garina, E. P., Kuznetsov, V. P., Lapaev, D. N., Romanovskaya, E. V., & Yashin, S. N. (2017). Formation of the production system elements and R&D product development processes in the early stages of the project. *Journal of Applied Economic Sciences*, 12(2), 538–542.
6. Garina, E. P., Kuznetsov, V. P., Romanovskaya, E. V., Kuznetsova, S. N., & Kornilov, D. A. (2020). Formation of the Production System Elements in the Enterprise of the Industry Through the Integration of Production Systems and Product Creation Systems. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 73, 441–451. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15160-7_45
7. Gusev, Y. V., Polovova, T. A., Natalyina, T. V., & Belkov, A. V. (2016). Formation of logical structure and strategy of production and economic systems growth. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 14(9), 5981–5998.
8. Jones, T. M., Noble, J. S., & Crowe, T. J. (1997). An example of the application of production system design tools for the implementation of business process reengineering. *International Journal of Production Economics*, 50(2–3), 69–78. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00033-9)
9. Mahdavi, I., Aalaei, A., Paydar, M. M., & Solimanpur, M. (2009). Production planning and cell formation in dynamic virtual cellularmanufacturing systems with worker flexibility. In 2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE 2009 (pp. 663–667). <https://doi.org/10.1109/iccie.2009.5223872>
10. Miller, A. E., Lysenko, M. V., & Makarova, O. S. (2015). Prerequisites change production and business activities. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(4), 395–402. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n4p395>
11. Pysarenko, V., Ponochozna, O., Bahorka, M., & Voronyansky, V. (2020). Data-Centric Formation of Marketing Logistic Business Model of Vegetable Market Due to Zonal Specialization. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 42, 23–49. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35649-1_2
12. Saprionova, D., Dolgih, A., Tsoi, M., & Saprionov, V. (2020). Specifics of propagation of coniferous plants in nurseries of the federal research center of agroecology of the russian academy of sciences. *World Ecology Journal*, 10(2), 18–55. <https://doi.org/10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.2>
13. Semenyutina A.V., Podkovyrova G., Khuzhakhmetova A.Sh., Svintsov I.P., Semenyutina V.A., Podkovyrov I.Yu. Engineering implementation of landscaping of low-forest regions // *International Journal of Mechanical Engineering*

- and Technology. 2018. Т. 9. № 10. С. 1415-1442.
14. Грибуст И.Р., Семенютина А.В. Оптимизация регуляторной роли энтомофагов в дендрологических насаждениях // Международные научные исследования. 2017. № 1 (30). С. 20-24.
 15. Малова Т.А. О чём сигнализируют парадоксы глобальной экономики // Вестник МГИМО Университета. 2020. Т. 13. № 3. С.225-242.
 16. Минаков А.В. Методология управления бюджетно-налоговой системой России в условиях изменения макроэкономической среды // диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Всероссийская государственная налоговая академия. Москва, 2011
 17. Семенютина А.В., Костюков С.М., Кащенко Е.В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 103-109.
 18. Семенютина А.В., Подковыров И.Ю., Таран С.С. Эффективность использования кластерного метода при анализе декоративных достоинств озеленительных насаждений // Глобальный научный потенциал. 2014. № 7 (40). С. 48-51.
 19. Семенютина А.В., Подковырова Г.В. Многофункциональная роль адаптивных рекреационно-озеленительных насаждений в условиях урбанизированных территорий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 3 (23). С. 37-43.
 20. Andrei Efremov. Some aspects of the use of Hypnotherapy and Dehypnosis for the remission of psychosomatic diseases. Journal of Advanced Pharmacy Education & Research (2020). <https://japer.in/article/some-aspects-of-the-use-of-hypnotherapy-and-dehypnosis-for-the-remission-of-psychosomatic-diseases-lppxs8gmv8iyprf?html>
 21. Ефремов, А. В. Психосоматический компонент при депрессиях у людей среднего возраста / А. В. Ефремов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 9. – С. 119-124.
 22. Ефремов А.В. Применение регрессивного и клинического гипноза в практике лечения психосоматических нарушений // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. 2021. Т. 10. No 2А. С. 65-74. DOI: 10.34670/AR.2021.15.27.00

Automation of business processes of the Industrial safety Department to improve the operation of vacuum equipment

Nikita A. Polyudov

Bachelor's degree
Bauman Moscow State Technical University
105005, 5, 2nd Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: npolyudov@mail.ru

Ruslan R. Nabiullin

Student
Bauman Moscow State Technical University
105005, 5, 2nd Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: nabiullin5740@gmail.com

Maksim A. Kutyshev

Student
Bauman Moscow State Technical University
105005, 5, 2nd Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: mactsimkutyshev@yandex.ru

Ekaterina V. Grigor'eva

Bachelor's degree
Bauman Moscow State Technical University
105005, 5, 2nd Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: grigorevva_99@mail.ru

Alim N. Abdulganiev

Bachelor's degree
Bauman Moscow State Technical University
105005, 5, 2nd Baumanskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: alimusmgtu@mail.ru

Abstract

Creating production planning systems at enterprises using information technologies and modeling methods that take into account the optimal use of production, material, labor and information resources is extremely time-consuming and requires solving a number of fundamentally new sets of tasks that reflect the diversity of processes both in the enterprise systems themselves and their connection with the external environment. Determining the capabilities of the enterprise both at the enlarged stage of production planning and at the operational stage allows you to specify the production volumes, predict the output and design of competitive products. Therefore, the development of an information system for production planning, which takes into account both internal and external relations of the enterprise, is relevant. The aim of the work was to develop an information system that provides information for making a decision on the manufacture of a product at the production planning stage. The authors have developed algorithms for automation of production planning based on the chosen methodology of production planning, which provides for the formation of a production plan in two stages: consolidation planning (with the formation of the main plan) and detailed planning (with the formation of an operational plan-a schedule of operations). To solve the tasks, the following methods were used: methods of analysis and synthesis to study the properties of factors affecting the efficiency of production planning information resources, methods of algorithmization and programming in the development of an information system for planning mechanical assembly production. The paper presents the formulation and solution of the production planning problem. At the same time, the following scientific results were obtained: the connection of the elements of the production planning system was established in order to reduce the number of repetitive objects used; the task of operational planning of mechanical assembly works is formalized.

For citation

Polyudov N.A., Nabiullin R.R., Kutyshev M.A., Grigor'eva E.V., Abdulganiev A.N. (2021) Avtomatizatsiya biznes-protsessov otdela promyshlennoi bezopasnosti dlya uluchsheniya raboty vakuumnoi tekhniki [Automation of business processes of the Industrial safety Department to improve the operation of vacuum equipment]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 11 (4A), pp. 41-59. DOI: 10.34670/AR.2021.60.49.005

Keywords

Business system, usage, database, design, formation.

References

1. Amigud, M. Y. (1977). left bracket Scheduling the Launching into Production and Manufacture of Components and Assembly Units of Turbine Engineering Products Under the Conditions of Automatized Business Management Systems. [PLANIROVANIE V USLOVIYAKH ASUP ZAPUSKA - VYPUSKA DETALEI I SBOROCHNYKH EDINITS IZDELII TURBOSTROENIYA.]. *Energomashinostroenie*, 3(9), 24–26.
2. Belitskaya, M. (2018). Ecologically adaptive receptions control the number of pests in the ecosystems of transformed at the forest reclamation. *World Ecology Journal*, 8(2), 1-10. [https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.001](https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.001)
3. Garin, A. P., Andryashina, N. S., Kozlova, E. P., Kuznetsova, S. N., & Tsymbalov, S. D. (2020). Study of Approaches to the Formation of the System of Business Processes at the Enterprises of Mechanical Engineering. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 111, 499–506. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39797-5_48
4. Garina, E. P., Kuznetsov, V. P., Egorova, A. O., Garin, A. P., & Yashin, S. N. (2016). Formation of the system of business processes at machine building enterprises. *European Research Studies Journal*, 19(2 Special Issue), 55–63.
5. Garina, E. P., Kuznetsov, V. P., Lapaev, D. N., Romanovskaya, E. V., & Yashin, S. N. (2017). Formation of the production system elements and R&D product development processes in the early stages of the project. *Journal of Applied Economic Sciences*, 12(2), 538–542.
6. Garina, E. P., Kuznetsov, V. P., Romanovskaya, E. V., Kuznetsova, S. N., & Kornilov, D. A. (2020). Formation of the Production System Elements in the Enterprise of the Industry Through the Integration of Production Systems and Product Creation Systems. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 73, 441–451. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15160-7_45
7. Gusev, Y. V., Polovova, T. A., Natalyina, T. V., & Belkov, A. V. (2016). Formation of logical structure and strategy of production and economic systems growth. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 14(9), 5981–5998.
8. Jones, T. M., Noble, J. S., & Crowe, T. J. (1997). An example of the application of production system design tools for the implementation of business process reengineering. *International Journal of Production Economics*, 50(2–3), 69–78. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00033-9)
9. Mahdavi, I., Aalaei, A., Paydar, M. M., & Solimanpur, M. (2009). Production planning and cell formation in dynamic virtual cellularmanufacturing systems with worker flexibility. In 2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE 2009 (pp. 663–667). <https://doi.org/10.1109/iccie.2009.5223872>
10. Miller, A. E., Lysenko, M. V., & Makarova, O. S. (2015). Prerequisites change production and business activities. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(4), 395–402. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n4p395>
11. Pysarenko, V., Ponochozna, O., Bahorka, M., & Voronyansky, V. (2020). Data-Centric Formation of Marketing Logistic Business Model of Vegetable Market Due to Zonal Specialization. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 42, 23–49. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35649-1_2
12. Saprionova, D., Dolgih, A., Tsoi, M., & Saprionov, V. (2020). Specifics of propagation of coniferous plants in nurseries of the federal research center of agroecology of the russian academy of sciences. *World Ecology Journal*, 10(2), 18-55. <https://doi.org/10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.2.2>
13. Semenyutina A.V., Podkovyrova G., Khuzhakhmetova A.Sh., Svintsov I.P., Semenyutina V.A., Podkovyrov I.Yu. Engineering implementation of landscaping of low-forest regions // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018. Vol. 9. No. 10. pp. 1415-1442.
14. Gribust I. R., Semenyutina A.V. Optimization of the regulatory role of entomophages in dendrological plantings // *International scientific research*. 2017. No. 1 (30). pp. 20-24.
15. Malova T. A. What the paradoxes of the global economy signal // *Bulletin of MGIMO University*. 2020. Vol. 13. No. 3. pp. 225-242.
16. Minakov A.V. Methodology of managing the budget and tax system of Russia in the conditions of changing the macroeconomic environment // dissertation for the degree of Doctor of Economics / All-Russian State Tax Academy. Moscow, 2011
17. Semenyutina A.V., Kostyukov S. M., Kashchenko E. V. Methods of identifying the mechanisms of adaptation of tree species in connection with their introduction to arid regions // *Uspekhi sovremennogo naturalnoi*. 2016. No. 2. pp. 103-109.
18. Semenyutina A.V., Podkovyrov I. Yu., Taran S. S. The effectiveness of using the cluster method in analyzing the decorative advantages of landscaping plantings // *Global scientific potential*. 2014. No. 7 (40). pp. 48-51.
19. Semenyutina A.V., Podkovyrova G. V. The multifunctional role of adaptive recreational and landscaping plantings in urbanized territories // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education*. 2011. No. 3 (23). pp. 37-43.

-
20. Andrei Efremov. Some aspects of the use of Hypnotherapy and Dehypnosis for the remission of psychosomatic diseases. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research* (2020). <https://japer.in/article/some-aspects-of-the-use-of-hypnotherapy-and-dehypnosis-for-the-remission-of-psychosomatic-diseases-lppxs8gmv8iyprf?html>
 21. Efremov, A.V. Psychosomatic component in depression in middle-aged people / A.V. Efremov // *Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences.* - 2019. - No. 9. - pp. 119-124.
 22. Efremov A.V. The use of regressive and clinical hypnosis in the practice of treating psychosomatic disorders // *Psychology. Historical and critical reviews and modern research.* 2021. Vol. 10. No 2A. pp. 65-74. DOI: 10.34670/AR.2021.15.27.00