

Для цитирования: Полетаева Е.В., Горлов И.В. Реализация обработчика онтологии предметной области машиностроения // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2023. № 4 (20). С. 76–83.

IMPLEMENTATION OF THE MACHINE ENGINEERING DOMAIN ONTOLOGY HANDLER

E.V. POLETAEVA, Cand. Sc., I.V. GORLOV, Dr. Sc.

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, Russian Federation, e-mail: epolet2010@mail.ru

The article considers the handler as a part of ontology of the subject area of mechanical engineering. It is noted that one of the basic tasks of the handler is to search for real objects and processes according to certain criteria. It is pointed out that these criteria can be properties (terms-properties, terms-processes) depending on the task at hand, and the search is possible if in the terminological system the relations real object - property, process - property, real object - process are formalised. It is emphasised that selection is carried out by means of formal logic in a relational database. Examples of functioning of the handler realised on the basis of the terminological system of the subject area of mechanical engineering are given. The examples show the possibilities of the system in solving the tasks of searching production objects by its properties and elements, if the object is composite (system).

Keywords: mechanical engineering, design automation, technological preparation of production, ontology, structural modeling, terminological system, CALS-technologies, knowledge bases.

Поступила в редакцию/received: 21.07.2023; после рецензирования/revised: 25.07.2023;
принята/accepted: 03.08.2023

УДК 681.5.03

ПРОГРАММА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

Б.И. МАРГОЛИС, д-р. техн. наук, А.С. МУРЗАХМЕТОВ, асп.

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: borismargolis@yandex.ru

© Марголис Б.И., Мурзахметов А.С., 2023

Изложен метод решения задачи, связанной с достижением заданных показателей проекта научно-исследовательских опытно-конструкторских работ (ОКР). В среде Matlab построен сетевой граф выполнения ОКР «Тест» и разработана программа, позволяющая по заданным графу выполнения ОКР, количеству работ, планируемому времени выполнения проекта, количеству работников, сумме контракта, трудозатратам на каждую работу получить оптимальное по прибыли распределение работников при выполнении ОКР. Произведен анализ результатов работы программы, приведены

показатели выполнения проекта, числовые значения и графическая визуализация распределения работников, обеспечивающего максимальную прибыль при выполнении контракта.

Ключевые слова: оптимальное распределение, опытно-конструкторские работы, сетевой план-график, время работ, трудозатраты, проект, прибыль, графическая визуализация, оперативное управление.

DOI: 10.46573/2658-5030-2023-4-83-89

ВВЕДЕНИЕ

В проектах научно-исследовательских опытно-конструкторских работ (НИОКР) имеются существенные недостатки организационного характера, так как необходимо обеспечить рациональное распределение всех видов ресурсов. Основными показателями реализации таких проектов являются объем работ, ресурсы и затраты. Эти показатели зависят от времени и однозначно характеризуют состояние проекта в каждый момент времени [1, 2]. Таким образом, важнейшую роль при выполнении опытно-конструкторских работ (ОКР) играет функция оперативного управления показателями проектов. Рационального распределения ресурсов можно добиться посредством использования автоматизированных систем расчета данных показателей.

Существуют различные программные пакеты для автоматизации работы, такие как 1С: ERP, Союз-PLM и т.п. В эти комплексы входят модули оптимизации ресурсов на различных этапах, либо на их платформе возможна реализация программного обеспечения [3–5]. При использовании данных продуктов потенциальный пользователь может столкнуться со сложностями при их внедрении, так как для работы системы требуется определенное оборудование, что приводит к дополнительным финансовым вложениям. Кроме того, необходимо учитывать стоимость самого продукта.

Проанализированные научные исследования на тему оптимального распределения ресурсов для сетевых графиков содержат на методическом и алгоритмическом уровнях частные решения задач распределения специалистов при оптимизации, планировании и управлении комплексом работ с ограничениями на ресурсы и минимизацией продолжительности проекта [6–8]. В них отсутствуют универсальные подходы к решению задач оптимизации ресурсов, а область их применения ограничена спецификой соответствующих производств. В связи с этим актуальной является задача разработки универсального подхода для оптимизации ресурсов и продолжительности проекта. Такой подход должен включать комплекс работ, описываемых сетевым графиком, и иметь конкретную программную реализацию. Эта программа может быть применена при оптимизации сетевых работ для выполнения любых производственных процессов.

В настоящей статье показана реализация процесса оптимизации временных и денежных показателей с помощью Matlab – пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений [9]. В качестве примера рассмотрена разработка в среде Matlab программы для распределения работников при выполнении ОКР, связанных с проектированием тренажерного комплекса «Тест» [10].

ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВОГО ГРАФА ВЫПОЛНЕНИЯ ОКР «ТЕСТ»

Для решения задачи построения графа выполнения ОКР удобно использовать стандартные методы Matlab [11] $S = \text{sparse}(N_{\text{from}}, N_{\text{to}}, T)$ и $h = \text{view}(\text{biograph}(S, [], 'ShowWeights', 'on'))$, где N_{from} , N_{to} , T – массивы номеров исходного и конечного событий работ соответственно, трудозатрат на выполнение работ (чел.-нед.). Полученный с помощью вышеуказанных методов Matlab сетевой граф выполнения

ОКР «Тест» приведен на рис. 1, где также показаны производимые по плану работы, а рядом с каждой работой отображены трудозатраты на ее выполнение.

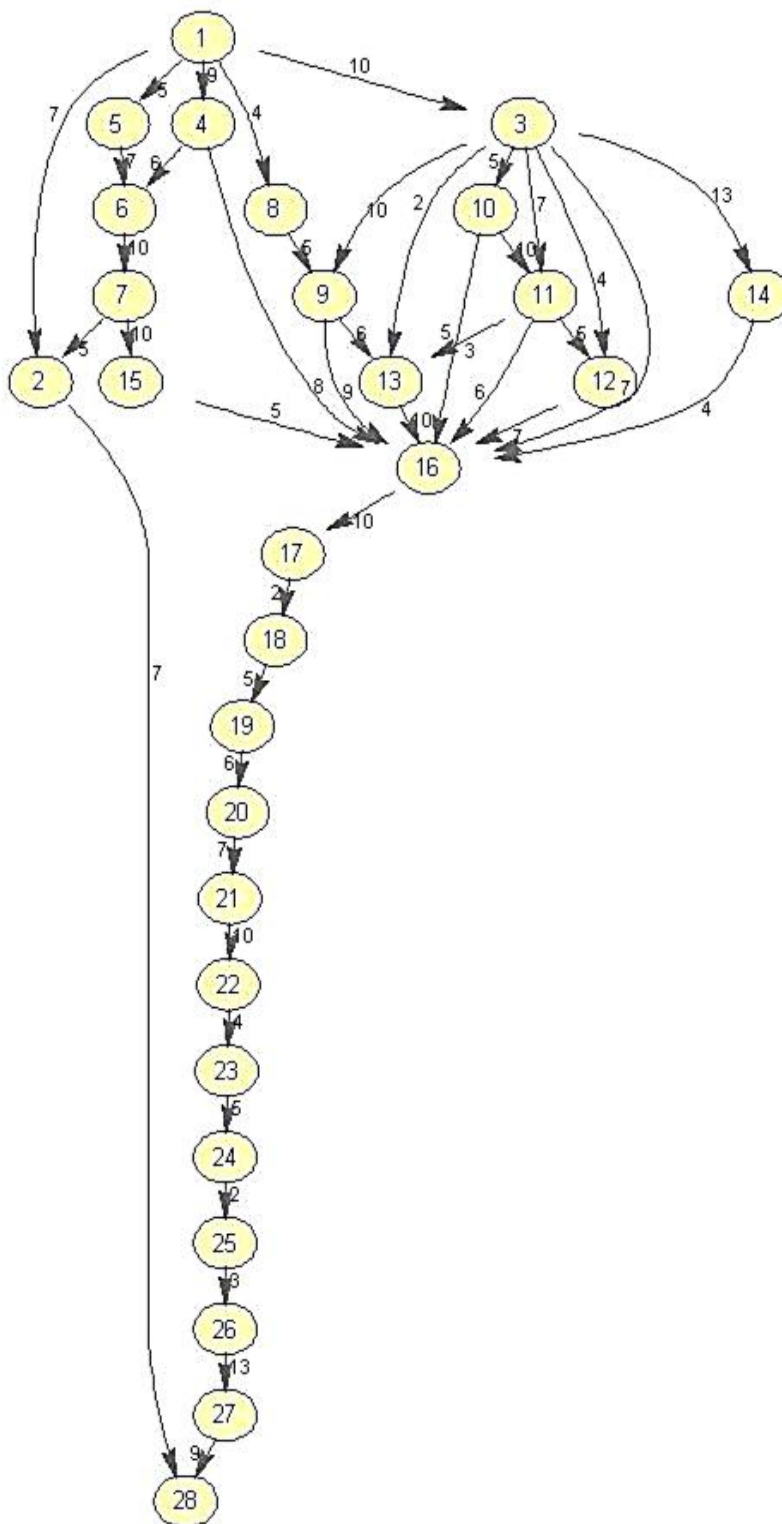


Рис. 1. Сетевой граф выполнения ОКР «Тест» в среде Matlab

Ниже указан перечень работ по приведенному на рис. 1 сетевому плану-графику выполнения ОКР, связанных с проектированием тренажерного комплекса:

1-2. Разработка, согласование и утверждение единого сквозного плана создания изделия.

1-3. Разработка, согласование и утверждение плана-проспекта пояснительной записки эскизного проекта (ЭП) ОКР.

1-4. Разработка инструкции по защите информации от технических разведок и ее утечки по техническим каналам.

1-5. Определение организаций-соисполнителей ОКР на этапе ЭП.

4-6, 5-6. Разработка, согласование и утверждение технического задания на работы по ЭП организаций-соисполнителей.

6-7. Заключение контрактов с организациями-соисполнителями ОКР на этапе ЭП.

1-8. Разработка и отправка перечня исходных данных по эскизному проектированию тренажного комплекса. Анализ полученных исходных данных.

1-9, 3-9, 8-9. Разработка предложений по возможным вариантам построения тренажного комплекса.

3-10, 9-10. Разработка предложений по структурно-функциональному делению тренажного комплекса.

3-11, 10-11. Разработка предложений по базовым техническим средствам тренажного комплекса.

3-12, 11-12. Разработка предложений по обеспечению выполнения технических требований к тренажному комплексу.

3-13, 11-13. Разработка предложений по математическому, программному и информационно-лингвистическому обеспечению тренажного комплекса.

3-14. Проведение анализа фонда нормативной документации и мероприятий по нормативно-техническому обеспечению, а также патентных исследований.

7-15. Работа организаций-соисполнителей по ЭП.

3-16, 4-6, 9-16, 10-16, 11-16, 12-16, 13-16, 14-16, 15-16. Разработка материалов пояснительной записки ЭП и прохождение нормоконтроля.

16-17. Разработка, согласование и утверждение ведомости ЭП.

17-18. Подготовка и представление в пакете заданий комплекта документов ЭП (согласно ведомости) для ознакомления.

18-19. Рассмотрение ЭП на заседании научно-технического совета (НТС) предприятия.

19-20. Доработка ЭП по результатам рассмотрения на НТС.

20-21. Подготовка и отправка госзаказчику уведомления о готовности к рассмотрению ЭП.

21-22. Рассмотрение ЭП комиссией у исполнителя ОКР.

22-23. Подготовка и представление госзаказчику акта комиссии по рассмотрению ЭП.

23-25. Разработка, согласование и утверждение плана-графика мероприятий по доработке ЭП согласно заключению госзаказчика.

25-26. Доработка ЭП в соответствии с планом-графиком мероприятий по доработке ЭП.

26-27. Подготовка, согласование и утверждение извещения о присвоении документации ЭП литеры Э.

2-28, 27-28. Уточнение единого сквозного плана создания изделия [10].

Рассмотрим исходные данные для выполнения проекта. Это количество работ $nedg = 43$; планируемое время выполнения проекта $T_{contract} = 40$ нед.; количество работников $mans = 10$; сумма контракта $P_{contract} = 18$ млн руб.; зарплата работника в неделю $P_{man1} = 15\ 000$ руб.

Основными показателями выполнения проекта являются T_{fin} – реальное время выполнения проекта (нед.); $Profit$ – прибыль (руб.); $P_{overhead}$ – накладные расходы (руб.);

$P_{man} = P_{man1} * T_{fin}$ – зарплата работников (руб.); $P_{fine} = 0,005 * (T_{fin} - T_{contract}) * P_{contract}$ – штраф за несоблюдение сроков выполнения условий договора (руб.).

ПОЛУЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОКР

Чтобы получить оптимальное распределение работников для выполнения ОКР, необходимо использовать оригинальную функцию *OptimDistrib1*, в которой имеется три основных массива: *start(1:nedg,1:weeks+1)*, *Trem(1:nedg,1:weeks+1)*, *edges(1:nedg,1:weeks+1)*.

Значения двумерного массива *start* по каждой работе в каждую неделю времени выполнения проекта могут быть равны 0 (работа не начата), 1 (работа идет) или 2 (работа закончена). В двумерном массиве *Trem* хранятся значения оставшегося времени выполнения соответствующих работ (0 – работа закончена). Двумерный массив *edges* содержит значения трудозатрат на выполнение каждой работы (чел.-нед.) по неделям.

Алгоритм работы функции *OptimDistrib1* заключается в определении возможности начала новых работ из узла *Nto(i)*, $i=1:nedg$ и распределении нагрузки для них и текущих выполняемых работ таким образом, чтобы каждую неделю не было превышено количество работников. Возможность завершения проекта характеризуется выходной переменной *ex=true*.

При невыполнении баланса по работникам происходит сортировка оставшегося времени выполнения каждой работы. Это позволяет при наличии свободных работников догружать наиболее трудоемкие работы, а при превышении количества сотрудников снимать их с менее трудоемких работ.

Для визуализации полученного оптимального распределения работников при выполнении ОКР (рис. 2) используются стандартные методы Matlab для построения столбчатых диаграмм *bar* и вывода информации на графики *axes* [12].



Рис. 2. Диаграмма оптимального распределения работников при выполнении ОКР «Тест»

Рассмотрим полученные результаты по выполнению проекта. Время выполнения проекта $weeks_f = 35$ нед. меньше допустимого $T_{contract} = 40$ нед.; зарплата работников $P_{man} = 5,25$ млн руб.; накладные расходы $P_{overhead} = 7,2$ млн. руб.; штраф $P_{fine} = 0$, так как договор выполнен за 5 недель до окончания срока. Прибыль с учетом суммы контракта $P_{contract} = 18$ млн руб. составила $Profit = 5,55$ млн руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье показаны методы и алгоритмы для нахождения оптимального (с точки зрения прибыли) распределения работников при выполнении ОКР. С их помощью можно реализовать автоматизированную систему оперативного управления. При наличии нескольких этапов выполнения комплекса ОКР система позволяет вносить текущие изменения в предложенный оптимальный план распределения работников. Это способствует принятию обоснованных решений для управления проектом в долгосрочной перспективе. Введение переменной, содержащей информацию о специализации работников, поможет существенно повысить объективность получаемых результатов. Для более удобной работы следует изменить внешний вид экрана программы с помощью входящего в пакет Matlab графического интерфейса GUI. Это даст возможность гибко настраивать выводимую на экран информацию и использовать разработанные методы приложения для оперативного управления выполнением ОКР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко Я.В., Раменская Л.А. Особенности формирования системы управления проектами в сфере НИОКР // *Креативная экономика*. 2018. № 4. С. 631–646.
2. Малахов А.В. Постановка задачи установления оптимальных сроков выполнения опытно-конструкторских работ // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2023. № 3. С. 250–253.
3. Яшин С.Н., Иванов А.А., Иванова Н.Д. Использование проектной методологии при выполнении опытно-конструкторских работ инновационного характера // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2017. Т. 10. № 10 (340). С. 1115–1130.
4. Ручкин А.В., Трофимова О.М. Управление проектами: основные определения и подходы // *Вопросы управления*. 2017. № 3 (46). С. 121–128.
5. Муринович А.А., Логинов М.П. Особенности управления портфелем межрегиональных проектов и программ // *Проблемы управления*. 2017. № 3. С. 26–36.
6. Докучаев А.В., Докучаев Е.В., Хлесткин А.Ю. Построение нелинейных сетевых моделей распределения ресурсов // *Перспективы науки*. 2017. № 10. С. 7–9.
7. Задача оптимального распределения команд специалистов / В.Н. Бурков [и др.] // *Автоматика и телемеханика*. 2019. № 1. С. 116–125.
8. Автоматизация построения сетевых графиков строительства скважин / З.А. Гарифуллина [и др.] // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2018. № 5. С. 87–92.
9. Маркина М.В., Судакова А.В. Практикум по решению задач оптимизации в пакете MATLAB: учеб. пособие. Нижний Новгород: Нижегородский университет. 2017. 49 с.
10. Укрупненный сетевой план-график выполнения ОКР «Тест» с приложениями. АО «НПО РусБИТех». 2012. 9 с.

11. Гольдштейн А.Л. Оптимизация в среде MATLAB: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та. 2015. 190 с.

12. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами Matlab физики наноструктур. М.: Техносфера. 2011. 166 с.

Для цитирования: Марголис Б.И., Мурзахметов А.С. Программа оптимального распределения работников при выполнении опытно-конструкторских работ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2023. № 4 (20). С. 83–89.

OPTIMAL WORKER ALLOCATION PROGRAM WHEN PERFORMING R&D WORKS

B.I. MARGOLIS, Dr. Sc., A.S. MURZAKHMETOV, Graduate

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, Russian Federation, e-mail: borismargolis@yandex.ru

A method of solving a problem related to achieving the specified indicators of a research and development (R&D) project is outlined. In the Matlab environment, a network graph for the implementation of R&D “Test” was built and a program was developed that allows, based on a given graph for the implementation of R&D, the number of works, the planned time of completion of the project, the number of workers, the amount of the contract, labor costs for each work, to obtain the optimal distribution of workers in terms of profit when performing the R&D. An analysis of the results of the program was carried out, project performance indicators, numerical values and graphical visualization of the distribution of workers, ensuring maximum profit when fulfilling the contract, were presented.

Keywords: optimal distribution, development work, network schedule, work time, labor costs, project, profit, graphic visualization, operational management.

Поступила в редакцию/received: 04.09.2023; после рецензирования/revised: 12.09.2023;
принята/accepted: 20.09.2023

УДК 681.5.01

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Г.Б. БУРДО, д-р техн. наук, А.Н. БОЛОТОВ, д-р техн. наук,

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: gbtms@yandex.ru

© Бурдо Г.Б., Болотов А.Н., 2023

В статье отмечено, что сокращение сроков обучения в бакалавриате до 4 лет (по сравнению с инженерной подготовкой в 5...5,5 лет), вынужденное уменьшение объема производственных практик и практический отказ от дипломного проекта (в том виде,