

658.012.122:656.07

Ю.Ю. Крук

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПЛАНЕ-ГРАФИКЕ ОБРАБОТКИ СУДНА

В статье рассматривается формирование плана-графика обработки судна, как технологии Управления проектом по временным параметрам {Project Time Management}. Этот раздел управления проектами включает задачи и процедуры управления проектом, необходимые и достаточные для обеспечения своевременного выполнения проекта, в том числе определение работ, их последовательность, оценку продолжительности работ, разработку и контроль календарного плана.

Ключевые слова: морской порт, обработка судна, управление проектом, календарный план.

У статті розглядається формування плану-графіка обробки судна, як технологія Управління проектом по тимчасових параметрах {Project Time Management}. Цей розділ управління проектами включає завдання і процедури управління проектом, необхідні і достатні для забезпечення своєчасного виконання проекту, у тому числі визначення робіт, їх послідовність, оцінку тривалості робіт, розробку і контроль календарного плану.

Ключові слова: морський порт, обробка судна, управління проектом, календарний план.

The article deals with the formation of the plan-graphics processing vessel as a technology project management time parameters {Project Time Management}. This section includes project management tasks and procedures of project management, necessary and sufficient to ensure the timely implementation of the project, including the definition of work, their sequence, duration of assessment work, elaboration and monitoring schedule.

Keywords: seaport, handling vessel, project management schedule.

Постановка проблемы. Классическая постановка задачи оперативного управления обработкой судов в порту подразумевает нахождение наилучшего допустимого решения, то есть оптимального решения, для каждой из возможных ситуаций. Однако, если множество возможных ситуаций велико, или сменяются они достаточно быстро, или затраты на точную идентификацию ситуации высоки, то возникает потребность использовать пусть не оптимальные, но рациональные и простые управленческие решения.

Понятно, что априорное ограничение класса возможных управлений, с одной стороны снижает гарантированную эффективность управления, а с другой стороны – позволяет уменьшить информационную нагрузку на руководителя грузового района в порту и дать ему возможность

© Крук Ю.Ю., 2015

максимально использовать в новой ситуации, как свой собственный опыт, так и опыт реализации других аналогичных проектов [26].

При использовании унифицированного управления (типовых решений) возникают несколько проблем: определения оптимального (по тем или иным критериям) разбиения множества возможных состояний системы, то есть – выделение типовых ситуаций; поиск оптимальных (опять же по тем или иным критериям) типовых решений и т.д. Использование формальных моделей типовых решений позволяет: агрегировать опыт, накопленный организацией, обеспечивать априори известный уровень гарантированной эффективности управления, а также организовывать обучение менеджеров грузовых работ [26].

Обзор последних исследований и публикаций. Среди публикаций на эту тему в первую очередь выделяются работы Магамадова А.Р. и Макаренко А.Е. [1-4].

В первой работе [1] «Методические основы разработки технологических план-графиков обслуживания судов в морских портах» рассматривается постановка задачи как в общем виде, так и для отдельных ситуаций, которая опирается на идеи календарного планирования производственных процессов, к числу которых относится и процесс обслуживания судов (ПОС) в морских портах. Задача исследуется с позиций оптимизации ПОС, что диктуется потребностями обеспечения в конечном итоге высокоэффективного портового (стивидорные) бизнеса. При этом основное внимание сосредотачивается на методическом аспекте задачи в соответствии с процедурой построения календарных планов обслуживания судов в режиме оперативного управления ПОС. В основе параметра управления лежит время обработки трюма комбинацией технологических линий. Возможные комбинации задаются заранее (априори).

В работе [2] «Анализ системы оперативного управления обслуживания судов в портах» приведены результаты исследования роли функции анализа в механизме реализации оперативного управления процессом обслуживания судов в морских портах. Предложено использовать интегральный метод анализа для оценки как промежуточных, так и окончательных результатов обработки судов.

В работе [3] «Об одном подходе к регулированию очередности обслуживания судов в портах» приведены результаты исследования начальной задачи оперативного управления процессом обслуживания судов в портах, связанной с обоснованием принципа ранжирования судов по степени их влияния на результаты производственно-экономической деятельности портов и разработкой, на этой основе, методики формирования оптимальной, с точки зрения порта, последовательности обслуживания судов.

В работе [4] «Экономико-математические модели задачи о календарном плане обработки судна» дан обзор экономико-математических моделей, предназначенных для решения задачи о календарном плане обработки отдельно рассматриваемого судна. Задача исследуется в поста-

новках «ресурсы-результат» и «результат-ресурсы». Модели записаны в терминах линейного, нелинейного и динамического программирования. Обзор публикаций, посвященных этой задаче, показывает, что до настоящего времени она изучалась преимущественно в постановке «ресурсы-результат» и притом для частного случая планирования процесса обработки судна (ПОС), когда предполагается, что для реализации ПОС будет использоваться наперед заданное количество технологических линий (ТЛ), которое является постоянным на протяжении всего периода обработки судна как по числу, так и по производительности. В то же время постановка задачи «результат-ресурсы» пока основательно не прорабатывались.

В настоящей работе ставится двуединая цель, состоящая, с одной стороны, в критическом анализе существующих методов календарного планирования ПОС и, с другой стороны, в обосновании нового подхода к исследованию этой задачи, в терминах нелинейного и динамического программирования.

Среди других работ следует выделить работу Малаксиано А.А. [5] «К вопросу выбора критерия оптимальности структуры парка перегрузочного оборудования порта» В работе рассматривается продолжительность жизненного цикла сложных и дорогостоящих видов производственно-технического оборудования порта, которое часто превышает 30 лет. Естественно, что в течение такого длительного промежутка времени условия работы порта не будут постоянными.

Таким образом, предлагаемый критерий оптимальности должен учитывать динамический и вероятностный характер изменения окружающей среды и параметров самого оборудования.

И, наконец, критерий оптимальности должен иметь комплексный совокупный характер глобальной системной цели, так как структура парка перегрузочного оборудования порта определяет результаты деятельности не только порта, но и остальных участников транспортного процесса – перевозчиков и грузовладельцев. Такой подход является основополагающим в исследовании проблем управления развитием транспортных систем.

В работе Махуренко Г.С., Крук Ю.Ю. [7] «Разработка механизма распределения ресурсов между судами при оперативном планировании работ стивидорной компании» показано, что основной задачей производственно-оперативного планирования в порту является установление объема и характера перегрузочных работ на планируемый период, распределение технических и трудовых ресурсов и разработка мероприятий для выполнения этого объема работ. В статье разбираются механизмы распределения ресурсов для выполнения производственно-оперативных работ стивидорной компании.

В работах Махуренко Г.С. и Холодняковой А.С. [8, 9] рассматривается иерархия управления технологической линией стивидорной компании и моделирование иерархии управления грузовыми работами. В

первой работе технологическая линия перегрузочных работ представлена как система массового обслуживания, оптимизируются параметры технологической линии. На основе показателя интенсивности обслуживания судов формируется иерархия управления технологической линией. В следующей работе рассмотрена модель, которая позволяет выбрать эффективную организационную иерархию управления грузовыми работами, а также обосновать необходимость и направление ее реформирования при изменении условий функционирования организации.

Интересными представляются работы Макушева П.А., Холоденко А.М. [10], посвященные моделированию процесса загрузки порта, Постана М.Я., Савельевой И.В. [11], в которых рассматривается метод нахождения равновесного решения для портовых операторов в конкурентной среде типа олигополии.

Среди зарубежных источников следует отметить работу Хенеси Л. [11], посвященной имитационной модели для анализа операций по управлению терминалом и повышению эффективности работы терминала на основе использования мультиагентского подхода.

Постановка задачи исследования. Целью исследования является формирование плана-графика обработки судна, как технологии Управления проектом по временным параметрам {Project Time Management}. Этот раздел управления проектами включает задачи и процедуры управления проектом, необходимые и достаточные для обеспечения своевременного выполнения проекта, в том числе определение работ, их последовательность, оценку продолжительности работ, разработку и контроль календарного плана.

Основной материал исследования. Для выполнения проекта составляется множество различных планов, которые различаются между собой степенью охвата и детализацией работ проекта, назначением и функциональной принадлежностью: календарные планы составляются на весь жизненный цикл проекта и его этапы, для различных уровней управления и исполнителей проекта, заключивших контракты; составляются графики расписаний разработки и поступления проектно-сметной документации (ПСД), графики поставки материалов и оборудования и т. д. Основные задачи и процедуры управления проектом по временным параметрам представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, процесс управления проектом по временным параметрам включает следующие стадии:

- концепцию управления проектом;
- планирование проекта;
- контроль выполнения проекта;
- анализ и регулирование процесса выполнения проекта;
- закрытие управления проектом.

Стадия концепции управления проектом по временным параметрам включает:

Стратегию управления проектом. Определяются и согласовываются принципы, цели и задачи управления проектом по временным параметрам.

Таблица 1

*Основные задачи и процедуры
Управления проектом по временным параметрам*

Концепция управления проектом во времени	Планирование проекта по временным параметрам	Контроль выполнения проекта по временным параметрам	Анализ и регулирование проекта по временным параметрам	Завершение управления проектом по временным параметрам
Стратегия Управления проектом по временным параметрам	Определение работ проекта	Учет и отчетность о выполнении работ проекта	Выявление и анализ отклонения от расписания	Ведение баз данных и архива календарных работ
Предметная область управления временем	Определение взаимосвязи работ проекта		Определение негативных факторов	Формирование исполнительного сетевого графика
Методы и процедуры	Определение продолжительности работ		Определение регулирующих воздействий	Анализ календарного планирования
Полномочия и ответственность	Календарное планирование работ		Прогнозирование хода выполнения работ	Заключительный отчет
Ограничения	План управления проектом по времени		Утверждение уточненного расписания	
Утверждение концепции				

Предметную область управления «временем» в проекте. Она определяет совокупность календарных планов (расписаний), которые необходимо разработать для координации взаимодействия участников проекта и исполнителей работ на различных уровнях управления. Набор таких планов представляет собой согласованную систему планов проекта, основой которой является комплексный укрупненный план проекта. Этот план увязывает выполнение различных этапов проекта в единую стратегию и указывает основные вехи – контрольные события и сроки их свершения.

Исполнители проекта, заключающие контракт на выполнение этапа или комплекса работ проекта, учитывают контрольные сроки в качестве директивных временных ограничений при планировании собственных работ.

Предметная область управления временем в порту охватывает систему оперативного планирования, которая ограничивается коротким периодом (месяц, декада, сутки, смена).

Методы и процедуры. Концепцию управления проектом по временным параметрам определяют оптимизационные, статистические и эвристические методы и процедуры, используемые при разработке и контроле расписаний в проекте.

Полномочия и ответственность. Для управления проектом по временным параметрам необходимо назначить функционального менеджера, который назначит исполнителей и ответственных, определит их основные функции и задачи. Эти функции в порту выполняет главный диспетчер порта.

В соответствии с этими функциями Главная диспетчерская порта, получив график подхода судов, распределяет их по причалам с учетом их специализации, устанавливает объем судовых, вагонных и прочих работ по районам порта. Согласно объему работ рассчитывают необходимые производственные и трудовые ресурсы по районам и намечают мероприятия для выполнения плана. В случае необходимости, перераспределяют трудовые и производственные ресурсы между районами. При недостатке ресурсов принимают меры по привлечению рабочей силы, а в случае избытка, меры по загрузке рабочей силы в порту или вне его.

Уточнением месячного планирования является декадное, которое основывается на информации – заявке судовладельца, уточняющей дату прибытия судна в порт, род и количество груза, а также работы по вспомогательным операциям и комплексному обслуживанию судна. На основании информации – заявки судовладельца порт, разработав ПОС, включает судно в НПГРП, если производственные и трудовые ресурсы позволяют обрабатывать судно в данном десятидневном периоде. В противном случае судно включается в непрерывный план график работы порта (НПГРП) следующего планового периода. Декадное планирование позволяет конкретизировать практические мероприятия, обеспечивающие обработку судов наилучшим образом.

Во время обработки судна старший и сменные стивидоры вносят в соответствующие разделы технологического плана-графика обработки судна (ТПГОС) сведения о фактическом ходе грузовых операций по сменам и сравнивают их с планом. В процессе обработки судна вследствие воздействия различных факторов возможны отклонения от плановой части графика. В этом случае корректируют ТПГОС. Корректировку графика осуществляет старший стивидор по согласованию с заместителем начальника района по эксплуатации. Он устанавливает величину отклонений по каждому разделу плана-графика и намечает организационно-технические

мероприяття по ліквідації отставання от плану (перерасподілення планових ресурсів, збільшення числа технологічних ліній, перенос строків виконання суміщуваних з вантажними допоміжними операціями, змінення послідовності обробки вантажних приміщень).

Визначення і узгодження обмежень. Концептуальна або директивна послідовність виконання етапів або великих комплексів робіт проекту, визначається політикою або реальною ситуацією при здійсненні проекту, стосується до обмежень, які необхідно враховувати при розробці концепції управління проектом по часовим параметрам

При розробці концепції управління проектом по часовим параметрам визначаються також контрольні (директивні) дати і ключові події, які необхідно враховувати при розробці розпису проекту.

Стадія планування проекту по часовим параметрам представляє загальну постановку задачі календарного планування, в якій різноманітність розпису робіт проекту визначається їх призначенням, областю застосування, особливостями проекту і іншими факторами. Відомі задачі календарного планування можна класифікувати по наступним найбільш суттєвим ознакам:

- виду цільової функції;
- типу організаційно-технологічної моделі;
- способу споживання ресурсів на окремих роботах;
- виду обмежень на використання ресурсів.

В відповідності з загальною постановкою задачі технологічний план-графік обробки судна (ТПГОС) – це організаційний документ, який визначає склад і послідовність виконання заходів по підготовці і організації обробки судна. Назначення ТПГОС – своєчасна і повноцінна підготовка і обробка судна, контроль за ходом вантажних і допоміжних операцій.

Календарний план виробництва вантажних операцій повинен містити обсяг перевантаження вантажу по вантажних приміщеннях, графік роботи механізованих ліній, кількість перевантажувального обладнання, транспортних засобів і робочої сили.

По операціям комплексного обслуговування судна вказують назви, тривалість і строки виконання допоміжних операцій, виконуваних портом або з участю порту, а також здійснюваних іншими організаціями, що впливають на перевантажувальні роботи (фумігація вантажу і т. д.). Тривалість операцій приймають по діючим нормам.

Особливі вказівки по підготовці і організації обробки судна передбачають заходи по підготовці складів, сепаративних і кріпильних матеріалів; дані об обсязі вантажних робіт по прямому варіанту, о попередній концентрації частини вантажу в причальній зоні, об відвозі специфічних вантажів на склади інших перевантажувальних

комплексов. Здесь же конкретно уточняют технологию перегрузки некоторых грузов (ящиков прочных и непрочных, бочек с разными буртиками и т. д.) и дают указания по безопасности труда.

Исходными данными для расчета плана-графика являются:

- грузовой план судна;
- рабочие технологические карты;
- действующие нормы на выполнение грузовых и вспомогательных операций;
- сведения о расположении грузов на складах и наличии свободных складских площадей;
- линейные, объемные, весовые и архитектурно-конструктивные особенности судна;
- технико-эксплуатационная характеристика причала и его оснащенность;
- заявки агентов на снабжение судна водой, топливом, производство навигационного ремонта в процессе грузовых операций и других операций по комплексному обслуживанию судна.

Планы-графики рассчитывают в следующей последовательности:

1. Определяется объем работы с каждым грузом по прямому и складскому вариантам и технологические схемы по этим вариантам.
2. Рассчитывается потребное количество механизированных линий. Под механизированной линией понимают условную усредненную по грузам на судне технологическую линию. Количество таких линий при обработке судна равно числу занятых основных перегрузочных машин (как правило, выполняющих кордонную операцию).

При определении количества линий для обработки судна необходимо исходить из того, что их число должно обеспечить загрузку-разгрузку судна в сроки, установленные нормами на обработку судна.

Для расчета числа механизированных линий, прежде всего по соответствующим РТК, следует выбрать технологическую производительность по судовым вариантам работ для каждой технологической схемы и каждого груза. Так как перегрузка груза может осуществляться как по прямому, так и по складскому варианту работ, необходимо найти среднюю производительность \bar{P}_i , т/смену, для каждого груза по судовым вариантам работ

$$\bar{P}_i = P_{i\text{пр}} \frac{q_{i\text{пр}}}{q_i} + P_{i\text{скл}} \frac{q_{i\text{скл}}}{q_i},$$

где $P_{i\text{пр}}$, $P_{i\text{скл}}$ – технологическая для i -го груза производительность линии при перегрузке соответственно по прямому и складскому вариантам, т/смену;

$q_{i\text{пр}}$, $q_{i\text{скл}}$ – количество i -го груза на судне, перегружаемого соответственно по прямому и складскому вариантам, т;

q_i – количество i -го груза на судне, т.

Зная среднюю для каждого груза производительность по судовым вариантам работ, находят среднюю производительность линии, т/смену, при обработке всех грузов на судне в целом

$$\bar{P}_{\text{суд}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{P}_i q_i}{\sum q_i},$$

где \bar{P}_i – средняя для каждого (i -го) груза технологическая производительность линии, т/смену,

q_i – количество i -го груза на судне, т;

$\sum q_i$ – количество всех грузов на судне, т.

Для случая, когда количество механизированных линий (кранов) меньше количества люков, время грузовых работ определяется согласно формуле

$$T_{\text{суд}} = \frac{t_{\text{см}} \sum q_i}{n_l \bar{P}_{\text{суд}} \cdot \alpha},$$

где α – коэффициент, учитывающий перерывы в грузовых операциях (обед, пересмена и др.), $\alpha = 0,8-0,87$.

Этим же временем ограничена работа на судне каждой механизированной линии (крана). Решим задачу расстановки механизированных линий. Для этого можно использовать следующую модель.

$$\sum_i \sum_j v_{ij} x_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_i p_{ij} \cdot x_{ij} = Q_j, j = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$\sum_j x_{ij} \leq T_{\text{суд}}; i = \overline{1, m}; \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Здесь x_{ij} – время работы i -й технологической линии на j -м трюме, v_{ij} – значение приоритетности работы i -й технологической линии на j -м трюме (устанавливается экспертным путем), $p_{ij} = \bar{P}_{\text{суд}}$ – производительность работы i -й технологической линии на j -м трюме (т/час), Q_j – загрузка j -го трюма (в тоннах), $T_{\text{суд}}$ – запланированное время грузовых работ на судне.

Таким образом, закрепление механизированных линий за трюмами осуществляется по критерию максимальной приоритетности (условие 1). По условию (2) осуществляется полная разгрузка/загрузка трюмов, по условию (3) время работы механизированных линий ограничено временем обработки судна. И условие (4) есть условие неотрицательности переменных задачи.

Из определения общей постановки задачи, для составления календарного плана необходимо решить следующие задачи:

- определить перечень работ, которые необходимо выполнить для достижения результатов проекта;
- определить последовательности выполнения работ и взаимосвязи между работами;
- установить время продолжительности работ, необходимое для выполнения каждой отдельной работы;
- определить ресурсы, необходимые для выполнения работ;
- составить график выполнения работ в принятой постановке.

Определение перечня работ по проекту обработки судна. При разработке календарного плана или расписания проекта определяются работы, которые необходимо выполнить для осуществления проекта. Определение перечня всех работ проекта означает разложение элементов структуры работ (WBS), определяющей предметную область проекта, на более детальные работы, необходимые и достаточные для составления сетевой модели и календарного плана проекта для выбранного уровня управления. Каждому уровню управления соответствуют свои перечни работ, которые отличаются между собой степенью детализации работ. Постановка задачи представлена в таблице 2.

Таблица 2

Определение перечня работ проекта обработки судна

Заданы	Требуется
<ul style="list-style-type: none"> • Документы, определяющие предметную область • Структура работ проекта • Требования к работам проекта • Историческая информации 	<p>Определить перечни работ, необходимые для достижения целей проекта и удовлетворения заданным требованиям и условиям проекта</p>
Методы и Средства, используемые для решения задачи	
<ul style="list-style-type: none"> • Методы декомпозиции. • Типовые модели, положения и инструкции • Методы построения сечений с заданными свойствами. 	

Документы, определяющие предметную область, основаны на договорах об обслуживании судна, которые включают цели, условия и результаты обработки судна, что должно быть принято во внимание при определении перечня работ проекта.

Структура работ проекта (СРП), определяющая предметную область обработки судна, является основной исходной информацией для определения перечня работ по судну. Технологический процесс обработки судов в порту включает такие рабочие процессы:

- прием грузов к перевозке – операции и приемы: подготовка порта, отдельных его территорий, причалов, складов к приему грузов; прием грузов от отправителя, включая взвешивание, маркировку и другие операции; оформление документов, размещение и хранение грузов в порту;

- подготовка порта к приему судов – операции и приемы: подготовка причалов и всех средств порта, включая портовые буксиры, для приема судов определенных типов и размеров, о прибытии которых порт ставится в известность заблаговременно; подготовка грузов и необходимых средств к погрузке, их соответственное сосредоточение, составление грузовых планов;

- погрузка судов в порту – операции и приемы: доставка грузов к причалу, погрузка и укладка их в трюмах, штивка грузов, оформление грузовых документов;

- подготовка порта к отходу судна – операции и приемы: оформление грузовых документов, подготовка необходимых средств, включая буксиры для вывода судна из порта; осмотр судна и оформление его отхода.

Последующие рабочие процессы – подготовка к приему судов для выгрузки грузов, выгрузка грузов и сдача их получателю – включают операции, аналогичные тем, что и при приеме грузов от отправителей, подготовка порта к приему судов и погрузке грузов.

Требования к работам обработки судна (ограничения) задаются степенью детализации определяемого перечня работ сетевого графика, определяются назначением календарного плана (стратегический, тактический, оперативный), уровнем и горизонтом планирования, потребностями основных участников проекта к информации, необходимой для планирования, контроля и принятия решений.

Историческая информация – это технико-экономическая и технологическая документация проекта обработки судна, содержащая информацию о перечне и составе работ, выполненных на предыдущих стадиях обработки судна, а также в аналогичных проектах, выполненных ранее

Определение связей работ проекта обработки судна. Связи работ определяют логику выполнения работ проекта, которая отображается организационно-технологической моделью (ОТМ). Элементами ОТМ являются: перечень работ проекта и связи между ними, отображающие последовательность выполнения работ проекта обработки судна.

ОТМ обладают такими качествами, как наглядность, простота использования, удобство анализа, минимальная трудоемкость при их построении и корректировке.

Постановка задачи «Определение связей работ проекта» представлена в таблице 3.

Таблиця 3

Определение связей работ проекта обработки судна

Заданы	Требуется
<ul style="list-style-type: none">• Перечень работ.• Описание результатов проекта.• Технологическая последовательность работ проекта• Временные ограничения	Построить организационно-технологическую модель, удовлетворяющую установленным требованиям проекта.
Методы и средства, используемые для решения задачи	
Методы сетевого моделирования	

Для определения технологии выполнения работ проекта обработки судна необходима следующая информация.

Описание результатов проект. Необходимо знать и учитывать назначение и характеристики результатов (продуктов) проекта обработки судна, которые могут оказывать влияние на последовательность выполнения работ проекта.

Перечень работ проекта и их характеристики могут быть заданы в соответствии с решением предыдущей задачи

Технологическая последовательность работ проекта обработки судна есть логическая последовательность работ, определяемая экспертным путем специалистами-технологами или нормативными документами – ГОСТами и стандартами (СНиП, ГОСТ и др.).

Временные ограничения включают директивные, организационные и технологические ограничения на сроки выполнения работ проекта, а также внешние ограничения, отражающие зависимость работ проекта от внешних мероприятий.

Для определения взаимосвязей работ проекта может быть использовано организационно-технологическое моделирование (ОТМ). Это модель проекта, отражающая технологию выполнения работ проекта обработки судна. ОТМ представляет собой сетевую модель (сетевой график, диаграмму Ганта, логическую сеть), которая представляет проект и виде графика с взаимосвязями между работами. Элементами ОТМ являются работы проекта, которые в моделях могут быть отображены вершинами или дугами графа.

С помощью организационно-технологической модели можно отобразить любые взаимосвязи работ в проекте. Рассмотрим основные из них:

- *окончание – начало* – предшествующую работу необходимо завершить до начала последующей;

- *окончание – окончание* – предшествующую работу необходимо завершить до завершения последующей;
- *начало – начало* – предшествующую работу необходимо начать до начала последующей;
- *начало – окончание* – предшествующую работу необходимо начать до завершения последующей

Временные ограничения отражают ограничения на сроки выполнения работ или их частей и могут быть заданы в реальной или условной шкале времени и характеризуются:

- типом («не ранее» или «не позднее»);
- значением;
- точками работ, в которых они задаются.

Предположим судно, имеющее четыре люка (отсека), будут разгружать тремя механизированными линиями со средней производительностью $\overline{P}_{суд}$, т/смену. Известно распределение груза по отсекам, приоритеты распределения ТЛ по трюмам, коэффициент учитывающий перерывы в работе α и время смены $t_{см}$. Результаты решения модели (1)-(4) представлены в таблице 4.

Таблица 4

Расстановка и время работы механизированных линий

№ ТЛ	Трюм				Продолжительность работы линии, ч
	первый (300 т)	второй (700 т)	третий (600 т)	четвертый (200 т)	
1	6	6			12
2	-	8	4	-	12
3	-	-	8	4	12
Итого:	6	14	12	4	36

Из решения модели видно, что распределение ресурсов не раскрывает календарного плана использования ресурсов в задаче обработки судна. Эту мысль можно выразить и так: ресурсы приходят и уходят, а задачи остаются.

Именно поэтому ведущую роль в работе над расписанием проекта играют представления, отражающие динамику работ: *Диаграмма Ганта* и *Сетевой график*. Диаграмма Ганта работы механизированных линий без учета технологической последовательности обработки судна представлена на рис. 1. Основное ограничение на последовательность работ связано с тем, что одновременно могут работать n технологических линий (в нашем случае $n = 3$). На графике ТЛ $_{ij}$ – представляет работу i -й технологической

линии на j -м трюме. Диаграмма Ганта работы механизированных линий с учетом технологической последовательности обработки судна представлена на рис. 2.

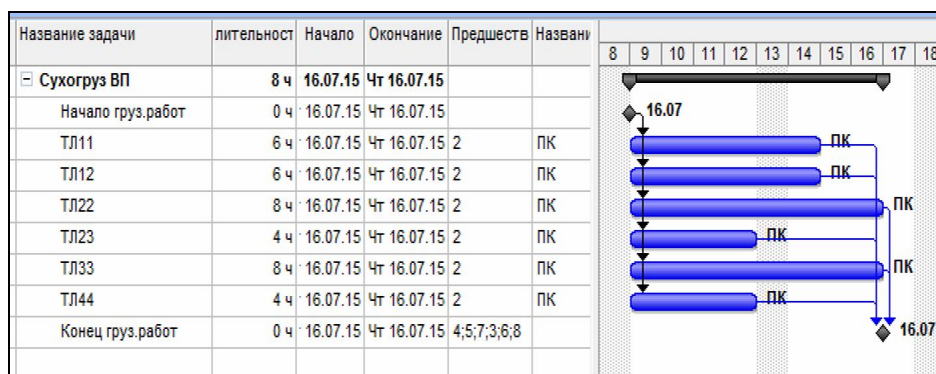


Рис. 1. Диаграмма Ганта работы механизированных линий без учета технологической последовательности обработки судна

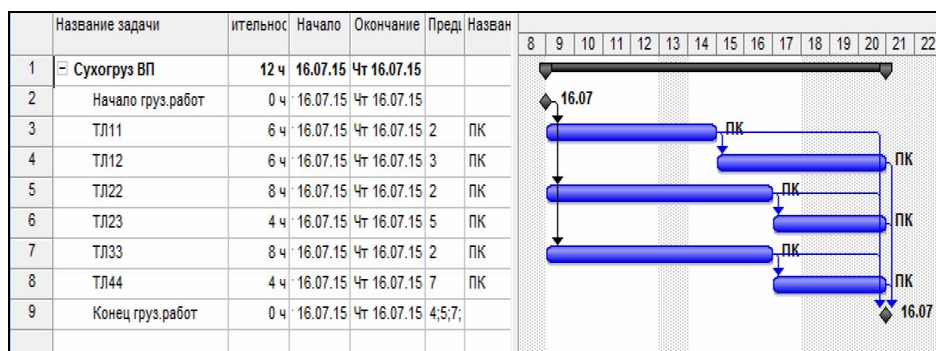


Рис. 2. Диаграмма Ганта работы механизированных линий с учетом технологической последовательности обработки судна

Вместе с тем, даже с учетом технологической последовательности при назначении ресурсов может возникнуть ситуация, когда суммарный объем назначения ресурса на некотором интервале времени превышает располагаемое количество этого ресурса. Такой ресурс называется **перегруженным**. Появление в проекте перегруженного ресурса может быть вызвано следующим причинами:

- назначение задаче ресурса в количестве, превышающем максимально допустимый объем назначений (определяемый значением максимальное количество единиц)',
- одновременное назначение ресурса на две или более задач, в результате чего суммарный объем назначений превышает максимально допустимый;

- назначение ресурса на задачи, выполняемые в период недоступности ресурса (в его нерабочее время);
- ошибками планирования (например, совмещением во времени задач, на которые назначен один и тот же ресурс).

Сетевой график обработки судна представлен на рис.3. По условию задачи сеть состоит из $n + 1$ вершины, в которой выделены две вершины – вход (нулевая вершина) и выход (вершина с номером n). Для каждой вершины заданы числа, определяющие время работы. Длиной пути называется сумма длин работ входящих в этот путь. Задача заключается в поиске кратчайшего пути (пути минимальной длины) от входа до выхода сети.

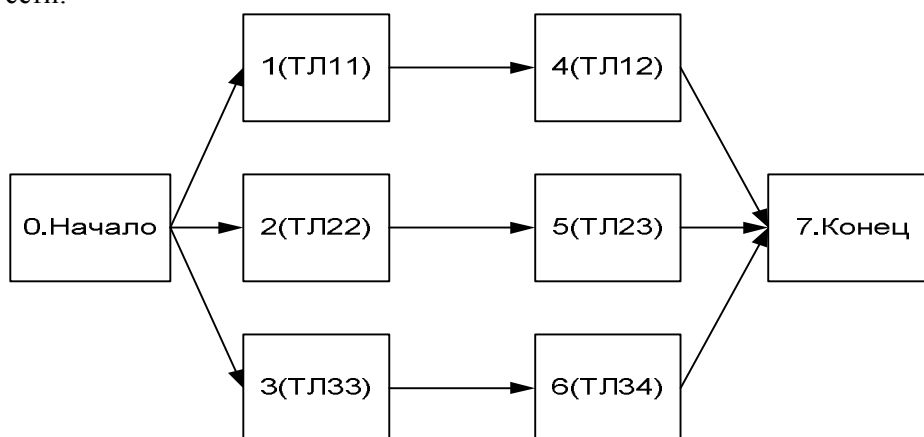


Рис. 3. Сетевой график обработки судна

На рисунке 3 $i, j = \overline{1,7}$ представляют работы сетевого графика в соответствии с решением, представленным в таблице 2. Для определения критического пути можно использовать метод критической цепи (МКП) [13]. Этот метод позволяет вычислить ранние и поздние даты начала и окончания работ проекта без учета ограничений на ресурсы для определения критического пути обработки судна, вычисляет единственное (за один проход в ту или иную сторону) детерминированное расписание проекта и использует заданные единственные оценки продолжительностей работ проекта обработки судна.

Ранние сроки выполнения работ проекта (план ранних сроков) вычисляются прямым проходом (по направлению стрелок) на сети, с использованием установленной даты начала по следующим формулам:

$$t_i^{po} = t_i^{pn} + t_i; t_j^{pn} = \max_{ij} \{t_i^{po} + \tau_{ij}\}$$

где ij – множество связей между i -ми и j -й работой;
 t_i – продолжительность i -й работы; t_i^{pn} – раннее начало i -й работы; t_i^{po} – раннее окончание i -й работы; t_j^{pn} – раннее начало j -й работы; τ_{ij} – время задержки между работами и т.д.

Поздние сроки выполнения работ проекта (план поздних сроков) вычисляются обратным проходом (против стрелок) по сети, начиная от установленной даты завершения проекта по следующим формулам:

$$t_j^{nn} = t_j^{no} - t_j; t_i^{no} = \min_{ij} \{t_j^{nn} - \tau_{ij}\},$$

где ij – множество связей между i -й и j -ми работами; t_j – продолжительность j -й работы; t_j^{nn} – позднее начало j -й работы; t_j^{no} – позднее окончание j -й работы; t_i^{no} – позднее окончание i -й работы; τ_{ij} – время задержки между работами и т.д.

Определение ранних и поздних сроков необходимо для вычисления резервов проекта обработки судна. Выделяют следующие резервы:

общий (полный) резерв работы проекта (R_i) – промежуток времени, на который можно отодвинуть выполнение работы без нарушения ограничений и срока завершения проекта, и который вычисляется по формуле

$$R_i = t_i^{nn} - t_i^{pn} = t_i^{no} - t_i^{po};$$

частный (свободный) резерв работы проекта (r_i) – промежуток времени, на который можно отодвинуть выполнение работы без нарушения срока выполнения последующей работы, вычисляется по формуле

$$r_i = \min_{ij} (t_j^{pn} - \tau_{ij}) - t_i^{po}.$$

Последовательность взаимосвязанных работ образует в сетевом графике так называемый путь μ . Продолжительностью T_μ пути μ называют сумму продолжительностей тех работ, которые этот путь составляют. Путь, ведущий от начала сетевого графика к его концу и имеющий наибольшую продолжительность, называется критическим и обозначается $\mu_{кр}$, а его продолжительность называется критическим временем $T_{кр}$. Критическое время $T_{кр}$ показывает наиболее ранний возможный срок выполнения того комплекса работ, который представлен данным сетевым графиком. Всякая задержка выполнения работы, лежащей на критическом пути, приводит к задержке выполнения работ всего комплекса. Это значит, что критический путь представляет собой «узкое место» в данном комплексе, поэтому он должен привлекать особое внимание руководства.

Выводы. В данной работе рассмотрена разработка плана-графика обработки судна, как технологии Управления проектом по временным параметрам.

При разработке расписания получены следующие результаты:

- сформирован календарный план проекта обработки судна, который содержит сроки начала и окончания работ проекта. Календарный план обработки судна может быть укрупненным или детальным, может быть представлен в табличном или графическом виде (график Ганта);

- рассчитаны резервы времени работ проекта. Это время, в пределах которого возможно изменение сроков начала или окончания работ проекта;

- определены работы критического пути, временной резерв которых равен нулю;

- получен план управления проектом обработки судна по временным параметрам. Он (план) определяет функциональные обязанности, порядок разработки и контроля выполнения расписания, правила внесения дополнений и изменений в календарный план.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Магамадов О.Р., Макаренко О.Є. Методичні засади розробки технологічних планів-графіків обслуговування суден у морських портах // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 8. – Одеса: ОНМУ, 2004. – С. 166-179.*
2. Магамадов О.Р., Макаренко О.Є. Аналіз у системі оперативного управління обслуговуванням суден у портах // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 10. – Одеса: ОНМУ, 2005. – С.*
3. Макаренко О.Є. Про один підхід до регулювання черговості обслуговування суден у портах // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 13. – Одеса: ОНМУ, 2007. – С.60-72.*
4. Магамадов А.Р., Макаренко А.Е. Экономико-математические модели задачи о календарном плане обработки судна // *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Вип. 36 (3). – Одеса: ОНМУ,*
5. Малаксиано А.А. К вопросу выбора критерия оптимальности структуры парка перегрузочного оборудования порта // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 5. – Одеса: ОНМУ, 2003. – С.148-157.*
6. Магамадов А.Р., Савельева И.В. К проблеме толкования и количественного определения производственной мощности грузоперевалочных систем // *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Вип. 36 (3). – Одеса: ОНМУ, 2011. – С. 5-17.*
7. Махуренко Г.С., Крук Ю.Ю. Разработка механизма распределения ресурсов между судами при оперативном планировании работ стивидорной компании // *Технологический аудит и резервы производства. – № 1/3(21). – 2015. – С. 11-18.*

8. Холоднякова А.С. Иерархия управления технологической линией стивидорной компании // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем.* – Одеса: ОНМУ, 2010. – Вип. 16. – С. 93-107.
9. Махуренко Г.С. Моделирование иерархии управления грузовыми работами / Г.С. Махуренко, А.С. Холоднякова // *Развиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць.* – Одеса: ОНМУ, 2005. – Вип. 31. – С. 59-83.
10. Макушев П.А. Моделирование процесса загрузки порта / П.А. Макушев, А.М. Холоденко // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем.* – Одеса: ОНМУ, 2004. – Вип. 8. – С. 189-206.
11. Постан М.Я. Метод нахождения равновесного решения для портовых операторов в конкурентной среде типа олигополии / М.Я. Постан, И.В. Савельева // *Технологический аудит и резервы производства.* – 2014. – № 4/2 (18). – С. 58-63. doi:10.15587/2312-8372.2014.26296
12. Henesey L. *Enhancing Container Terminal Performance: A Multi Agent Systems Approach [Electronic resource]* / L. Henesey. – Kaserntryckeriet, Karlskrona, Sweden, 2004. – Available at: /www/URL: <http://www.bth.se/faculty/lhe/Lic.pdf>
13. Баркалов С.А., Воронаев В.И., Секлетова Г.И. и др. *Математические основы управления проектами: Учебн. пособие / Под ред. В.Н. Буркова.* – М.: Высшая школа, 2005. – 423 с.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2015

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Бізнесадміністрування та корпоративна безпека» Міжнародного гуманітарного університету
А.І. Рибак

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економічна теорія та кібернетика» Одеського національного морського університету
Г.С. Махуренко