

УДК 005.95

Орлова Тамара Тимофеевна

к. эк. н, ст. н. с.

доцент, член-корр. МАИ (ООН),

Иркутск, Россия

iorlov37@mail.ru

Orlova Tamara Timofeevna

PhD in Economics

Associate Professor, Senior Research Fellow

Corresponding Member of the UN

International Informatization Academy

Irkutsk, Russia

iorlov37@mail.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ  
MODELING OF LABOR ORGANIZATION PROCESSES IN RAIL-  
WAY TRANSPORT**

**Аннотация:** Представлена многолетняя история развития и воплощения в жизнь моделей, связанных с определением рациональных параметров производственных коллективов и организации производства в виде задачи линейного программирования и задачи о назначении работников на работы с различной эффективностью в разных отраслях народного хозяйства. Модель известной задачи оптимизации структуры парка машин и оборудования может быть использована для обоснования параметров производственных коллективов, когда необходимо совместное определение структуры, фронта работ и состава технических средств для их выполнения. Для этих целей может быть использована схема моделирования рациональных размеров производственных коллективов, полученная в результате многолетних расчетов на примере аграрного комплекса. При реализации задачи на ЭВМ наряду с вариантами оптимизации размеров производства определялась нетрадиционная система экономических показателей: оценки труда и техники по периодам. Оптимизационные расчеты проводились, как в Институте математики СО РАН, так впоследствии и в Иркутском государственном университете. Вопреки мнению об ограниченности возможностей линейных оптимизационных моделей, предложенный в данной работе комплекс моделей прошёл многолетнюю практическую апробацию и доказал свою жизнеспособность.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, оптимальных параметров коллективов, математическая модель задачи

**Abstract.** A long-term history of the development and implementation of models related to the determination of rational parameters of production teams and the organization of production in the form of a linear programming problem and the problem of assigning workers to work with different efficiencies in different sectors of the national economy is presented. The model of the well-known problem of optimizing the structure of the fleet of machines and equipment can be used to justify the parameters of production teams when it is necessary to jointly determine the structure, scope of work and the composition of technical means for their implementation. For these purposes, a scheme for modeling the rational sizes of production teams, obtained as a result of many years of calculations using the example of the agrarian complex, can be used. When implementing the task on a computer, along with options for optimizing the size of production, an unconventional system of economic indicators was determined: estimates of labor and technology by periods. Optimization calculations were carried out both at the Institute of Mathematics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, and subsequently at the Irkutsk State University. Contrary to the opinion about the limited possibilities of linear optimization models, the set of models proposed in this paper has passed many years of practical testing and has proved its viability.

**Key words:** railway transport, optimal parameters of teams, mathematical model of the problem

В условиях работы железнодорожного транспорта, с учетом его специфики, проблемами повышения организации труда занимается научная организация труда (НОТ). Под данным термином понимается анализ уровня организации трудовой деятельности, который основывается на современных достижениях науки и техники, которые систематически внедряются в производственные процессы на железнодорожном транспорте.

Совершенствование техники и технологии, рост культурно-технического уровня, квалификации и мастерства рабочих создают предпосылки для внедрения передовых форм и методов организации труда. Это имеет не только экономическое, но и социальное значение; способствует устранению монотонности труда, повышению его привлекательности и содержательности, росту квалификации рабочих и расширению их трудового профиля. Повышение уровня организации труда на предприятиях такого типа возможно путем внедрения комплекса мероприятий по различным направлениям работы. В зависимости от разделения и кооперации труда различают две формы его организации: индивидуальную и коллективную. Коллективная форма работников подразумевает объединение их для совместного и наиболее эффективного выполнения комплекса разнородных и группы однородных трудовых операций.

Повсеместное распространение также получила бригадная форма трудовой деятельности, как наиболее эффективная коллективная форма

организации труда. Она применяется при эксплуатации электровозов и тепловозов, на ремонте подвижного состава, в путевом хозяйстве, в механизированных дистанциях погрузочно-разгрузочных работ и в других структурных подразделениях, напрямую связанных с перевозочной деятельностью.

Применяются различные виды производственных бригад: специализированные и комплексные. Специализированные осуществляют технологически однородные виды работ или операций и объединяют рабочих одной профессии или специальности. Комплексные бригады выполняют технологически разнородные, но взаимосвязанные виды работ и операций, объединяя рабочих разных профессий и специальностей. Представленные бригады могут быть как с полным или частичным распределением труда, так и без разделения труда [2]. Организация труда этих бригад основана на широкой взаимозаменяемости, что возможно благодаря освоению каждым рабочим нескольких профессий. Состав комплексной бригады определяется технологическим процессом и должен включать в себя не менее десяти рабочих.

При применении бригадной формы организации труда стимулируются как общие результаты, так и индивидуальные, учитывающие мастерство и ответственность каждого исполнителя. Сокращается глубина разделения работ между членами бригады, широко практикуются организация труда и взаимозаменяемость, что обеспечивает гибкость и быструю адаптацию к изменяющимся условиям. Таким образом, бригадный подряд применяется в строительстве, ремонтном производстве, в путевом хозяйстве на железной дороге и в других сферах хозяйствования.

В выборе организационных форм использования техники не может быть шаблона. Размер и структура коллектива определяются из условий хозяйствования и зависят от многих факторов. Сама по себе проблема выбора рационального размера коллектива является, по существу, экстремальной и в какой-то степени может быть решена уже разработанными методами линейного программирования. При формировании производственного подразделения на подряде, прежде всего определяются его оптимальный размер, численность и профессиональный, квалификационный состав [1,2]. Как отмечал знаменитый авиаконструктор О.К. Антонов, в работе «Для всех и для себя», «экономить на расчетах, оценивающих экономические мероприятия, все равно, что экономить на прицеливании при выстреле в цель [3].

Самым существенным ограничением в модели является труд основных работников коллектива. Введение такого ограничения позволяет получать рациональный вариант загрузки техники и труда с минимальным дополнительным привлечением их в напряженный период. При определенной трансформации начальных условий и функционала данная модель подходит для расчета хозяйств различной специализации.

История реализации задачи выбора рационального размера производственного коллектива. На начальном этапе развития и

практической реализации оптимизационных моделей встречались трудности непреодолимого плана. «В 1963 году специалисты-аграрии обратились к сотрудникам математико-экономического отделения Института математики в Новосибирском Академгородке, возглавляемого Л.В. Канторовичем (лауреат премии имени А. Нобеля, 1975 год) с просьбой исследовать проблему расчета оптимального размера первичных коллективов в растениеводстве Их интересовали модели, позволяющие рассчитывать на ЭВМ, казалось бы, не решаемую тогда проблему [4,5].

Классический подход к такому типу задач, как к задачам о перестановках, порождает непреодолимые вычислительные трудности. Так, при 10 исполнителях и 10 видах рабочих мест нужно было бы вычислить 3 628 800 вариантов. При 20 исполнителях –  $2,4329 \cdot 10^{23}$ , т. е. вычислителям потребовалось бы несколько столетий для получения оптимального варианта.

Первичный подход к задаче расчета рационального размера первичного коллектива был технологическим, формальным. При постановке задачи выяснилось, что данная проблема связана с деятельностью известного экономиста А.В. Чаянова и с созданной им вербальной моделью. Долгое время отсутствовали удовлетворительные результаты, и только осенью 1970 года решение было получено в Иркутском ВЦ ИГУ в лаборатории экономико-математических исследований. После публикации работы автора на эту актуальную тему пришли запросы из 13 регионов страны, таких как: Брянск, Рамонь, Дагестан, Владивосток, Торжок, Косино, Ставрополь, Саратов, Москва, Омск и др.» [4,5,6].

Модель известной задачи оптимизации структуры парка машин и оборудования может быть использована для обоснования параметров производственных коллективов, когда необходимо совместное определение структуры, фронта работ и состава технических средств для их выполнения. Для этих целей может быть использована схема моделирования рациональных размеров производственных коллективов, полученная в результате многолетних расчетов на примере аграрного комплекса. В разработанной компьютерной модели оптимальной структуры и рационального размера производственного коллектива организационный фактор (управляемость) учитывался посредством ограничения его размера. Балансовые отношения: набор работ, ограничения по срокам, загрузка техники, синхронность в выполнении работ и др., задавались в линейно-программной модели в виде системы ограничений.

При реализации задачи на ЭВМ наряду с вариантами оптимизации размеров производства определялась нетрадиционная система экономических показателей: оценки труда и техники по периодам, обладающих такими свойствами, как конкретность, динамичность, устойчивость и реальность. Это давало возможность оценивать количественный эффект от привлечения трудовых и технических ресурсов в условиях саморазвития. Оптимизационные расчеты проводились, как в

Институте математики СО РАН, так впоследствии и в Иркутском государственном университете [6].

Примером рациональной организации труда является классическая задача о назначении. Эта задача – частный случай транспортной задачи со специфичными ограничениями и значениями переменных, в которой для выполнения каждой работы требуется один и только один ресурс (человек, автомашина и т. д.), и каждый ресурс может быть использован на одной и только одной работе. Таким образом, ресурсы не делятся между работами, а работы не делятся между ресурсами. Можно привести много случаев, когда реально возникающая на практике ситуация приводит к необходимости решения задачи о назначениях. Полученные результаты позволяют с максимальной эффективностью распределять работы между сотрудниками, локомотивные бригады на дороге, назначать людей на должности, автомашины на маршруты, распределять самолеты между авиалиниями, научные темы по научно-исследовательским лабораториям и т.п.

В общем случае смысл задачи о назначениях заключается в том, чтобы наилучшим способом назначить  $n$  работников для выполнения  $n$  работ. При этом считается, что квалификация каждого рабочего позволяет выполнить практически любой вид работ, но с различной производительностью (за разное время и с разными затратами и т. д.). Каждый рабочий может быть назначен для выполнения одной конкретной работы. Так как цель назначений зависит от реальной ситуации, необходимо выбрать наилучший вариант. Это могут быть наименьшие общие затраты, наименьшее общее время выполнения всех работ, получение наибольшей прибыли и т. д. При закреплении поездов за локомотивными бригадами минимизируется общее время нахождения экипажей вне их постоянной дислокации, учитывая, как экономические, так и психологические аспекты.

Во Франции в 60-е годы была поставлена и решена реальная задача применительно к поиску наилучшего способа прикомандирования экипажей к самолетам с тем, чтобы минимизировать расходы на перемещение экипажей. Она включала 13 городов, 60 авиалиний и 400 рейсов, в предположении, чтобы каждый экипаж возвращался на место вылета - исходный пункт: психологический эффект. Решение такой задачи при классическом подходе также потребовало бы несколько столетий ручного труда, чтобы испробовать все перестановки. Кроме того, при составлении графиков полета экипажей авиакомпания должна была выполнить еще ряд технологических условий, связанных со спецификой авиационной отрасли. Поставленная задача была детально изучена и решена как задача о назначении. На подготовку данных ушло 15 дней, а на её решение, с использованием тогда магнитных барабанов, был затрачен один 8-часовой рабочий день. Полученное оптимальное решение давало 18 % экономии по сравнению с интуитивным планированием полетов, что составило 100 млн фр. за год [7,8].

Балансовые отношения отражались в линейно-программной модели в виде системы ограничений. Учет труда по периодам и срокам выполнения работ, техники и прочие условия также порождают задачу большой размерности. Исходные параметры задачи о назначениях и основные условия: 1) количество ресурсов, количество работ; 2) единичное количество ресурса, например, один работник, одно транспортное средство, одна научная тема и т. д.; 3) единичное количество работы: одна должность, один маршрут, одна лаборатория и т.д.; 4) характеристика качества выполнения работы с помощью ресурса. Например, компетентность работника при работе на должности; время, за которое транспортное средство перевезет груз по маршруту; степень квалификации лаборатории при работе над научной темой.

Искомые параметры - факт назначения или не назначения ресурса на работу. Эта величина может принимать только два значения: 1, если рабочий назначен на работу, или 0, если рабочий не назначен на работу; 2) общая (суммарная) характеристика качества распределения ресурсов по работам характеризует выполнение всех видов работ (производительность, время, суммарные затраты и т. д.). Целевая функция принимает наименьшее (или наибольшее) значение при выполнении условий положительности значений переменных: 0 или 1. По существу, задача о назначениях описывается моделью транспортной задачи, но со специфичными ограничениями и значениями переменных.

Задача о назначении может быть решена симплекс-методом или любым алгоритмом решения транспортных задач, например, венгерским методом, предложенным американским математиком Х. Куном. Кроме венгерского метода для ее реализации могут быть использованы методы линейного программирования, позволяющие, кроме расстановки работников по местам, получать сопряженную систему показателей эффективности выполнения работ – объективно обусловленные оценки (о. о. оценки).

Выводы – «теоремы для экономистов», представленные ниже, были выбраны в произвольной форме из нобелевской книги Л.В. Канторовича «Экономический расчет наилучшего использования ресурсов» [9]. Оценки – это некоторые условные цены для единицы каждого вида ресурсов, связанных с оптимальным планом, объективно обусловленные им. Поэтому такие оценки получили название объективно обусловленных, или сокращенно о. о. оценок. С помощью о. о. оценок удастся сформулировать признак оптимальности решения задачи линейного программирования. Оказывается, возможно выяснить, оптимален ли некоторый допустимый план без сравнения его со всеми остальными возможными планами.

Экономический смысл признака оптимальности: «Для оптимального плана всегда имеются такие оценки, что скалькулированная по ним результирующая эффективность способа равно нулю для используемых способов, и не может быть больше нуля для неиспользуемых. То есть, все используемые

способы оправданны, рентабельны (результаты оправдывают затраты), а во всех отброшенных способах оценка затрат не меньше оценки произведенной продукции, т. е. их применение нерентабельно или, во всяком случае, не более рентабельно, чем у применяемых способов».

Применительно к задаче о назначениях, этот вывод можно интерпретировать так: при распределении работников по рабочим местам наряду с оценкой каждого работника (вернее, оценкой его производительности) получает о. о. оценку каждое рабочее место. Именно эта о. о. оценка равна выработке (усл. ед.) данного работника на том станке, где он занят в оптимальном плане. При помощи этих оценок может решаться, в частности, вопрос о выборе подходящего станка для данного работника. При решении нужно руководствоваться принципом минимальных затрат (или наибольшей рентабельности) – оценить затраты, исходя из машинного времени, нужного для выполнения работы, а также о. о. оценки станка, и из всех возможных средств выбрать то, для которого затраты минимальны. Наличие такой системы оценок показывает, что план расстановки работников по местам оптимален – он не содержит нерациональных назначений [9].

Вопреки мнению об ограниченности возможностей линейных оптимизационных моделей, предложенный в данной работе комплекс моделей прошёл многолетнюю практическую апробацию и доказал свою жизнеспособность. И здесь важно отметить градацию моделей: «мягких» и «жёстких» в духе В.И. Арнольда: «теория мягкого моделирования - это искусство получать относительно надежные выводы из анализа малонадёжных моделей» [10].

### **Библиографический список**

1. Соколов Д.М. Особенности организации труда на железнодорожном транспорте / Д.М. Соколов, С.В. Рачек // Экономика и управление: проблемы, тенденции, перспективы развития: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 10 мая 2017 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 184-187.

2. Орлова Т.Т. Математические модели в организации производства и труда //Труды Второй национальной научно-практической конференции. М.: ООО Центр «Транспорт». 2017. – С. 147-149.

3. Антонов О. К. Для всех и для себя. О совершенствовании показателей планирования социалистического промышленного производства. М.: Экономика, 1965. – 812 с.

4. Орлова Т.Т. Модель расчета механизированного звена//Экономика сельского хозяйства. 1977, N 1. – С. 68-72.

5. Эпоха в сердцах крестьянских. Страницы ушедшего и настоящего//Сб. очерков о селе.- Иркутск,1995. С.280 (о работе Орловой Т.Т. с арендаторами).

6. Орлова Т.Т. Оптимизация в моей жизни // Системное моделирование социально-экономических процессов: Труды 34-й международной научной школы-семинара, Светлогорск, Калининградская обл., 26 сентября – 1 октября 2011 г. / под ред. д-ра экон. наук В.Г. Гребенникова, канд. экон. наук И.Н. Щепиной, канд. экон. наук В.Н. Эйтингона – Воронеж : Изд.-полиграф. центр Воронежского госуниверситета. Круглый стол. 2011.– С. 112-123.

7. Кофман А. Методы и модели исследования операций // Кофман А. - М.: Мир. 1966. – 523 с.

8. Канторович Л.В., Горстко А.Б. Математическое оптимальное программирование в экономике // Канторович Л.В., Горстко А.Б. – М.: Знание. 1968. – 96 с.

9. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов – М: АН СССР. 1959. – 348 с.

10. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. М.: МЦНМО, 2004. – 32 с.