

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИБКОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Ермошин Н.А.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4), e-mail: ermonata@mail.ru

Излагается методологический подход к проектированию гибкой производственной структуры дорожно-строительных организаций. Его основу составляют формализованные процедуры формирования, методы моделирования условий и процессов приспособления организаций к этим условиям, а также алгоритмы выбора лучшего варианта производственной структуры из множества возможных в условиях неопределенности структурообразующих факторов. Возможность рассмотрения будущих условий работы организации (особенно нестабильности финансирования мероприятий по строительству транспортных сооружений) при количественном обосновании ее производственной структуры позволит сэкономить значительные средства на их перестройку или приспособление в ходе строительства транспортных объектов. Учет свойства гибкости дает возможность нахождения таких решений при организационном проектировании, которые позволили бы производственной структуре в различных реально возможных условиях и ограничениях с минимальными дополнительными затратами осуществлять свои функции.

Ключевые слова: гибкость, производственная структура, дорожно-строительная организация.

FLEXIBILITY OF THE PRODUCTION STRUCTURE OF ROAD ORGANIZATIONS

Yermoshin N.A.

FGBOU VPO "Saint-Petersburg State University of architecture and civil engineering", St. Petersburg, Russia (St. Petersburg, str. 2-ya Krasnoarmeyskaya, 4), e-mail: ermonata@mail.ru

Presents a methodological approach for designing a flexible production structure of road-building organizations. Its basis is formalized modeling techniques, procedures and processes adapt organizations to those terms and conditions, as well as algorithms to choose the best alternative production structure of many possible under conditions of uncertainty structure factors. The possibility of considering the future conditions of the work of the Organization (particularly unstable funding for the construction of transport facilities) in quantitative justification for its production structure will save significant amounts of money on their transformation or adaptation during the construction of transportation facilities. Accounting flexibility enables you to find properties of such solutions in organizational design, which would allow the productive structure in different real-possible conditions and constraints with minimal additional cost.

Keywords: flexible production structure, road-building organization.

Введение

Производственные возможности дорожно-строительных организаций часто не отвечают тем задачам, которые ставит перед ними современный этап развития экономики. Во многом это связано с тем, что дорожно-строительный комплекс на региональном уровне представлен конгломератом разнородных хозяйственных структур: государственных, муниципальных, средних и мелких частных предприятий, которые производственно и организационно слабо связаны между собой. Регулирование и координация их деятельности зачастую осуществляется псевдорыночными методами.

Более того, остается высокой степень неопределенности функционирования и развития организаций дорожной отрасли. Меняются цены на дорожно-строительные материалы и конструкции, транспортировку и эксплуатацию дорожно-строительных машин,

механизмов и оборудования, перевозку рабочих на объект, командировочные расходы при выполнении работ в других регионах и на отдаленных объектах, появляются новые виды затрат. К ним относятся: плата за землю, новые виды налогов и сборов, различные виды страхования, затраты на получение исходных данных, технических условий и согласований, проценты за кредиты и др.

Вероятностная природа дорожно-строительного производства, а также неопределенность функционирования и развития дорожно-строительного комплекса, обусловленная экономическими факторами и подвижностью политико-правовой среды, требуют обеспечения гибкости производственных структур дорожных организаций с целью минимизации потерь от нестабильности финансирования, нарушений графиков поставок строительных материалов и конструкций, обеспеченности заказами и др.

Учет свойства гибкости дает возможность нахождения таких решений при организационном проектировании, которые позволили бы производственной структуре в различных реально-возможных условиях и ограничениях с минимальными дополнительными затратами осуществлять свои функции.

Цель исследования

Повышение эффективности дорожно-строительных организаций на основе учета при их создании факторов неопределенности выполнения дорожных работ и их ресурсного обеспечения.

Материал и методы исследования

Общая схема, сущность и основные принципы предлагаемого нами подхода к проектированию гибких производственных структур дорожно-строительных организаций заключаются в следующем исходном методологическом положении: если условия функционирования организации окажутся отличными от тех, для которых она формировалась, то в дальнейшем эта организация должна и может эффективно функционировать в новых реально возможных условиях, с учетом уже ранее принятых решений.

Такая постановка вопроса соответствует цели логистической оптимизации затрат на создание и работу предприятий дорожно-строительного комплекса и позволяет избежать проектирования производственных структур, ориентированных лишь на текущие («застывшие», детерминированные) задачи и условия функционирования.

Основой рассматриваемого подхода к обеспечению гибкости при проектировании производственных структур дорожно-строительных организаций являются существующие детерминированные математические модели исследуемых систем, сводящиеся к общей

задаче линейного программирования [1], а также количественные методы исследования зоны неопределенности оптимальных решений [2].

В математическом отношении он представляет собой синтез методов статистических испытаний (Монте-Карло), приемов корректировки оптимального решения задачи линейного программирования при изменении первоначальных исходных данных, методов кластерного анализа и аппарата принятия решений в условиях неопределенности (теории игр). Целевая функция модели представляет собой минимизацию совокупных затрат на создание, функционирование организации и затрат на обеспечение гибкости.

Линейная модель производственной структуры организации может быть представлена в следующем виде:

$$\min \sum_{t=1}^N C^t x_t; \quad (1)$$

$$\sum_{t=1}^N A^t x_t = b; \quad (2)$$

$$B^t x_t = b^t; \quad (3)$$

$$x_t \geq 0. \quad (4)$$

Здесь, $B^t = \| b_{ij}^t \|$, $i=1, \dots, m_t$, $j=1, \dots, n_t$ – матрица, характеризующая частные (независимые) ограничения (определенные виды ресурсов, объемы выполняемых дорожных работ и пр.);

$A^t = \| a_{ij}^t \|$ – матрица, характеризующая общие ограничения (сроки выполнения дорожных работ, общие расходы ресурсов и др.);

x_t – искомые параметры (состав структурных подразделений дорожно-строительной организации и их количество);

C^t – затраты, связанные с применением t -го структурного подразделения.

Реализация метода включает несколько этапов.

Первый этап предусматривает формирование с помощью метода статистических испытаний достаточно представительного числа M случайных сочетаний исходных данных (условий выполнения дорожных работ по строительству, содержанию, ремонту и реконструкции автомобильных дорог). Это достигается варьированием вектора ограничений (условия выполнения дорожных работ) и коэффициента функционала (затраты на формирование производственной структуры и выполнение работ) линейной модели. Полученная совокупность исходных данных M с помощью алгоритмов классификации "рассортировывается" по заданному числу N ($N \ll M$) однородных групп, характеризующих возможные условия функционирования дорожно-строительной организации.

В качестве меры тесноты связи $d_{mm'}$ используется евклидово расстояние, между двумя сочетаниями условий \tilde{B}_m и $\tilde{B}_{m'}$ в n – мерном пространстве (n – размерность вектора B)

$$d_{mm'} = \sum_{i=1}^n p_i^2 (\tilde{b}_{mi} - \tilde{b}_{m'i})^2, \quad (5)$$

где \tilde{b}_{mi} и $\tilde{b}_{m'i}$ – численные значения i -ой компоненты векторов ограничений (b^0 и b^k) и коэффициента функционала (C^k) в m -ой и m' -ой реализации модели;

p_i – нормирующий коэффициент i -ой компоненты, определяемый нормированием пространства расстояний относительно каждой i -ой компоненты (применяется для перевода значений ограничений из абсолютных в относительные величины, т.е. для «устранения размерности»).

Процесс группировки условий работы дорожно-строительной организации начинается с того, что из общего числа сочетаний первые N сочетаний условно принимаются за центры групп и вычисляется (по формуле 5) матрица попарных расстояний между ними $D^N = \|d_{mm'}\|$.

Затем последовательно берется каждое из оставшихся $(M - N)$ сочетаний, определяется его расстояние до каждого из первых N сочетаний и выбирается наименьшее из них. Если это расстояние меньше минимального расстояния между первыми N сочетаниями, то рассматриваемое сочетание объединяется в одну группу с тем из них, к которому оно ближе расположено. В противном случае объединяются между собой два близко расположенных из первых N сочетаний, а рассматриваемое сочетание является центром новой группы.

Аналогичная проверка выполняется последовательно для всех $(M - N)$ сочетаний, после чего они оказываются распределенными по N группам.

Второй этап состоит в определении оптимальных (в рассматриваемых условиях) вариантов производственной структуры дорожно-строительной организации для каждого сочетания исходных данных. Для этого используется решение прямой и двойственной (алгоритмы ускоренной корректировки базиса оптимального решения) задачи линейного программирования по модели (1–4).

Первоначально с использованием приведенной модели формируется исходный вариант производственной структуры организации при средних значениях исходных данных. В последующем сформированный вариант структуры (первоначальное решение) корректируется для возможных сочетаний условий выполнения дорожных работ.

При этом, в зависимости от вида факторов неопределенности, для обеспечения гибкости структуры за счет принятия превентивных мер возможны три направления моделирования:

- 1) повышение гибкости производственной структуры к изменениям затрат;
- 2) повышение гибкости к изменениям условий выполнения дорожных работ (ограничений);
- 3) повышение гибкости к изменению затрат и условий выполнения дорожных работ.

Реализация первого из них, которая предусматривает создание нового варианта производственной структуры при замене первоначального вектора функционала очередным случайным сочетанием \tilde{C}^k ($\tilde{C}_n^k \subset \tilde{B}_n$), организована следующим образом.

Из случайного вектора \tilde{B}_n^k выделяется вектор \tilde{C}_n^k , образованный коэффициентами при базисных переменных $X^k = \{x_{ij}^k\}$ прежнего оптимального варианта производственной структуры, который и используется для корректировки прежнего двойственного решения в соответствии с выражением

$$\tilde{Y}_n = \tilde{C}_n^k U^k, \quad (6)$$

где U^k – обратная матрица прежнего оптимального решения.

После этих преобразований первоначальный вариант организации остается допустимым, но нарушается его оптимальность. Для получения нового оптимального варианта производственной структуры (соответствующего \tilde{C}_n^k) применяется обычная процедура симплексного метода. Аналогичные пересчеты выполняются для каждого из N сочетаний коэффициентов функционала.

Моделирование мероприятий, снижающих риски невыполнения дорожных работ при изменениях условий их выполнения (b^0, b^k), основано на том, что задача определения варианта производственной структуры, соответствующего новым условиям, отличается от исходной только значениями компонент векторов b^0 и b^k . При этом оптимальный базис первой задачи ($x_n^k = U^k B_n^k$) будет все еще оптимальным по коэффициентам функционала C_n^k (затратам) для второй, но соответствующее решение (вариант производственной структуры) $X_n = \{x_n^k\}$ может оказаться недопустимым.

Однако из оптимальности вытекает допустимость соответствующего решения двойственной задачи. Это позволяет с использованием двойственного симплекс-метода найти новый вариант производственной структуры, оптимальный для изменившихся условий выполнения дорожных работ, не формируя задачу заново. Применение данного метода

позволяет опустить этап построения начальных базисных допустимых решений и существенно (на 70–75%) сократить время расчетов.

Третье направление моделирования имеет целью сформировать N вариантов производственной структуры, адекватных N – сочетаниям условий выполнения дорожных работ, которые соответствуют совместному изменению коэффициентов функционала и ограничений модели (1–4).

Для определения этих вариантов выполняется решение N экстремальных двухэтапных задач с использованием приведенных алгоритмов. При этом вначале рассчитывается множество N вариантов производственной структуры путем изменения коэффициентов вектора функционала, затем – вектора ограничений.

Рассчитанные варианты производственных структур с использованием каждого из рассмотренных направлений моделирования дают содержательную информацию о проектируемой организации. Каждое решение наряду с рациональным составом и техническим оснащением структурных подразделений дорожно-строительной организации содержит подробную характеристику их эффективности – затраты на создание, содержание и функционирование.

На *третьем этапе* осуществляется поиск превентивных мер по приспособлению каждого варианта производственной структуры организации, оптимального для одной из групп рассматриваемых условий, ко всем возможным условиям выполнения дорожных работ. Вычислительная процедура основана на применении методов, использующих соотношение двойственности задач линейного программирования и позволяющих выявить изменения оптимального решения прямой задачи, обусловленные изменениями исходных данных модели. В результате расчетов появляется возможность расчета суммарных затрат на создание, функционирование и обеспечение гибкости вариантов производственной структуры, которые являются основой для их экономического сравнения.

Четвертый этап сводится к построению матрицы показателей логистического риска (платежной матрицы) $\Lambda = \|\lambda_r^n\|$, характеризующей возможный ущерб от неопределенности будущих условий выполнения дорожных работ и развития организации дорожно-строительного комплекса.

В общем виде показатели экономического ущерба вычисляются вычитанием из показателя суммарных затрат Z_r^n рассматриваемого варианта аналогичного показателя $Z_r^{n_r}$ по тому варианту r , который в условиях n_r является оптимальным,

$$\Lambda_r^n = Z_r^n - Z_r^{n_r}. \quad (7)$$

На пятом этапе осуществляется окончательный выбор варианта производственной структуры дорожно-строительной организации. В условиях неопределенности выполнения дорожных работ оптимальным является вариант, обеспечивающий минимальное значение экономического риска. Однако, каждый вариант характеризуется не одним, а совокупностью (вектором) значений этого показателя. В связи с этим существует несколько критериев принятия решений в условиях неопределенности (Вальда, Лапласа, Сэвиджа, Гурвица и др.). Какой из них выбрать для сравнения – дело лица, принимающего решение. Отметим лишь, что если в условиях централизованного управления, зачастую, лучшим является вариант, имеющий наименьшее среднее значение экономического ущерба, то в условиях экономической нестабильности полезно представить окончательный выбор в виде игры двух лиц с нулевой суммой, задаваемой платежной матрицей. При этом стратегии первого игрока образуют N оптимальных вариантов производственной структуры, стратегии второго – N сочетаний условий ее функционирования, а элементы матрицы λ_r^n характеризуют потери, которые несет первый игрок при различных действиях второго. Цель игры – определение наилучшей смешанной стратегии варианта производственной структуры, т.е. такого сочетания вариантов при котором минимизируется максимальный ущерб, возникающий вследствие незнания будущих условий работы дорожно-строительной организации.

Задача решения этой игры сводится к эквивалентной задаче линейного программирования вида

$$\max \left\{ \sum y_n / \sum \lambda_r^n y_n \leq 1, y_n \geq 0 \right\} \quad (8)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Решение задачи позволяет выявить вариант, который является наилучшим в случае возникновения любого из условий выполнения дорожных работ. Он вычисляется как

$$X_{r,omn} = \sum_{r=1}^N \gamma_r X_r,$$

где γ_r – компоненты двойственного решения игровой задачи, характеризующие удельный вес каждого варианта в формировании рекомендуемой смешанной стратегии.

Одним из главных свойств гибкого варианта производственной структуры, полученного одновременно для ряда наборов условий функционирования с учетом их изменений, является то, что структура дорожно-строительной организации выбирается в зависимости от всех будущих ее деформаций и становится гибкой и адаптивной.

Вторым важным моментом такого решения по модели является выбор из множества превентивных (подстроечных) мероприятий некоторого их рационального подмножества, которые необходимо предусмотреть заранее.

Заключение

Изложенный подход к проектированию гибких производственных структур дорожно-строительных организаций отличается от существующих методов формирования структур тем, что в нем учитываются будущие условия функционирования и развития проектируемой организации. Последнее очень важно, поскольку возможность учета условий развития (особенно нестабильности финансирования мероприятий по строительству транспортных сооружений) при количественном обосновании производственной структуры, по нашему мнению, позволит сэкономить значительные средства на их перестройку или приспособление в ходе строительства транспортных объектов. В снижении таких издержек состоит методическая и практическая значимость предлагаемого метода.

Список литературы

1. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. – М.: Прогресс, 1966, 599 с.
2. Ермошин Н.А. Проблемы адаптации дорожно-строительных формирований. Научно-технический сб. ВТУ. Выпуск 2. – Балашиха.: ВТУ, 1998, с. 64–76.
3. Ермошин Н.А. Управление затратами на развитие организаций транспортного строительства. – СПб.: ВАТТ, Актуальные вопросы обеспечения войск (сил) в транспортном отношении: Межвузовский сборник научных трудов, вып. 5, 2006.
4. Мелентьев Л.А. Избранные труды. – М.: Наука, 1995.
5. Таха Х. Введение в исследование операций: в 2-х книгах. Кн.1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 479 с., ил.

Рецензенты:

Коровин Эдуард Викторович, доктор экономических наук, профессор, заместитель начальника центра научных исследований, ФГБОУ ВПО «Военная академия тыла и транспорта», г. Санкт-Петербург.

Мячин Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства мостов и тоннелей, ФГКВООУ ВПО «Военная академия тыла и транспорта имени генерала армии А.В. Хрулева», г. Санкт-Петербург.