УДК 332.1

DOI 10.21661/r-486050

В.В. Великанов, Н.А. Сидоренко

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ НИОКР ПРИ УСЛОВИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ПРОГРАММЫ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

***Аннотация**: в данной статье описываются принципы планирования проведения НИОКР на основе объемных детерминированных моделей. При этом рассматриваются преимущественно задачи, относящиеся к верхнему уровню иерархии, а именно задачи определения плана-графика реализации основных этапов НИОКР и необходимых для этого объемов затрат. Наиболее эффективным и современным подходом к реализации такого обоснования является использование математических моделей. При этом существенно, что модели, применяемые для решения задач этого уровня, должны учитывать не только внутренние свойства предприятия, являться моделями его организационной системы, но и учитывать с доступной полнотой свойства внешней среды предприятия. Поскольку эта полнота весьма ограничена ввиду неполноты информации о свойствах внешней среды предприятия, принципы планирования должны предусматривать возможность коррекции плановых предложений, пересчета их по уточненным данным.*

***Ключевые слова**: объемные детерминированные модели, планирование инновационной деятельности на предприятии, эффективность планирования, математическое моделирование, принципы планирования, неполнота информации, внешняя среда предприятия, внутренняя среда предприятия, информационно-управляющая система, принцип наилучшего абсолютного гарантированного результата.*

V.V. Velikanov, N.A. Sidorenko

STRATEGIC PLANNING OF R&D OUTPUT, SUBJECT TO THE DISTRIBUTION OVER TIME OF ITS IMPLEMENTATION PROGRAM

Abstract: *in given article the technique of planning of carrying out of research and development on the basis of the volume determined models is described. Basically, the problems concerning top level of hierarchy, namely, problems of definition of the schedule chart of realization of the basic stages of research and development and volumes of expenses necessary for it are considered. The most effective and modern approach to realization of such substantiation is use of mathematical models. It is thus essential that the models applied to the decision of problems of this level, should consider not only internal properties of the enterprise are models of its organizational system, but also consider with accessible completeness of property of environment of the enterprise. As this completeness is rather limited, in view of incompleteness of the information on properties of environment of the enterprise, the planning technique should provide possibility of correction of planned offers, their recalculation under the specified data.*

Keywords: *volume determined models, planning of innovative activity at the enterprise, efficiency of planning, mathematical modeling, planning technique, incompleteness of the information, external environment of the enterprise, internal environment of the enterprise, information management system, principle of the best absolute guaranteed result.*

Зачастую на практике возникает ситуация, когда после согласования объемов выпуска на планируемый период предприятие получает также график поставок продукции потребителям, что фиксирует программу реализации. С другой стороны, предприятие может поставлять продукцию или часть выпускаемой номенклатуры непосредственно на рынок. При этом целесообразно предварительное прогнозирование спроса на выпускаемую продукцию. В обоих случаях можно предполагать, что предприятие при распределении программы производства должно ориентироваться на удовлетворение спроса за каждый этап n, который предполагается известной вектор-функцией $\sigma(n) = (\sigma_p\ (\mathrm{n}), \mathrm{p} \in \mathcal{P}_{ou\ t})$.

Простейшим решением вопроса о плане производства является приведение в полное соответствие плана выпуска b (n), реализации и спроса:

$$b\ (n) = r(n) = \sigma(n). \tag{1}$$

Однако это решение может оказаться экономически невыгодным или даже недопустимым. Действительно, переменность уровня производства при, например, стабильных возможностях, приведет к тому, что в периоды повышенного спроса придется загружать малопроизводительное, неспециализированное оборудование и идти на оплату сверхурочных, а в периоды низкого спроса недогружать оборудование.

Поэтому, вообще говоря, может оказаться целесообразным осуществить выравнивание выпуска, отказавшись от строгого выполнения (1) и пойти на создание запасов готовой продукции. При этом, конечно, возникают иные отрицательные факторы, а именно: необходимость затрат на хранение, увеличение объема оборотных средств.

Важно выяснить, каково будет решение, учитывающее как те, так и другие факторы, причем необходимо различать две ситуации.

Первая характеризуется тем, что потребительский спрос, не удовлетворенный на данном этапе, можно удовлетворять на одном из последующих (предъявленные заказы на поставку потребителям сохраняют свою силу, ставятся на учет, даже если предприятие не выполняет их вовремя).

Вторая ситуация возникает тогда, когда спрос, предъявленный на данном этапе и неудовлетворенный на этом же этапе, в дальнейшем исчезает (потребитель, которому продукция необходима срочно, получив отказ в удовлетворении своей заявки на текущий этап, снимает эту заявку, ориентируясь на другого поставщика).

Первая ситуация соответствует закреплению потребителей за данным поставщиком и в литературе часто именуется «схемой с задерживанием спроса».

Вторая ситуация соответствует свободному выбору поставщика потребителем и часто именуется «схемой с отказами».

Реально возможны и первая, и вторая ситуации, и многие другие промежуточные формы взаимоотношений между поставщиками и потребителем. Тем не менее, ясно, что для описания связей в плановой экономической системе более естественной является схема с «задерживанием спроса».

Рассмотрим постановку задачи планирования применительно именно к этой схеме.

При подсчете доходов предприятия от реализации продукции предположим, что цены реализации c^r неизменны, и предприятие стремится удовлетворить спрос в пределах наличия. Если $s_0 = (s_{po})$ – начальный запас (остаток готовой продукции, переходящий с предшествующего планового периода), а b (n) – выпуск на этапе n, n=0,1,.., N-1, суммарный объем реализации, одной стороны, не превосходит величину $s_0 + \sum_{n=0}^{N\text{-}1} b(n)$,а с другой стороны, не превосходит суммарного спроса/

Стремление к увеличению дохода приводит к условиям

$$\sum_{n=0}^{\text{N-1}} \mathrm{r_p(n)} = \min\left\{\mathrm{s_{p0}} + \sum_{\mathrm{n=0}}^{\text{N-1}} \mathrm{b_p\ (n)}, \sum_{\mathrm{n=0}}^{\text{N-1}} \mathrm{\sigma_p\ (n)}\right\}, p \in \mathcal{P}_{out}.$$

Для простоты примем, что затраты на хранение на этапе *n* пропорциональны объему остатков, переходящих на следующий этап. Если обозначить через h_p стоимость хранения в течение одного этапа единицы продукции вида $p, p \in \mathcal{P}_{out}$, то издержки хранения за этап *n.* составят

$$\sum_{p \in P_{out}} \mathrm{h_p} \left\{\mathrm{s_{p0}} + \sum_{\zeta=0}^{\mathrm{n}} \mathrm{b_p\ (\zeta)}, \sum_{\zeta=0}^{\mathrm{n}} \mathrm{r_p\ (\zeta)}\right\},.$$

Введем также величину v_p, p$\in \mathcal{P}_{out}$, равную штрафу за единицу неудовлетворенного спроса на продукт p, сохраняющегося на учете в течение единицы времени. Тогда издержки на оплату штрафов за этап *n* составят

$$\sum_{p \in P_{out}} y_p \left[s_{po} + \sum_{\zeta=0}^{n} b_p\ (\zeta) - \sum_{\zeta=0}^{n} r_p\ (\zeta) \right].$$

Отметим, что доходы и издержки удобно выразить через вспомогательные переменные состояния, называемые *чистыми запасами.* По определению, чистый запас $\tilde{s}_{\ p}\ (n)$ продукта p есть разница между объемом продукта, располагаемым для реализации и накопленным вплоть до этапа n спросом. Формально имеем

$$\tilde{s}_{\ p}(n) \triangleq s_{p0} + \sum_{\zeta=0}^{n\text{-}1} b_p\ (\zeta) - \sum_{\zeta=0}^{n\text{-}1} \sigma_p\ (\zeta), \tag{2}$$

Так что

$$\tilde{s}_{\ p}\ (n+1) = \tilde{s}_{\ p}\ (n) + b_p(n) - \sigma_p(n), n = 1, \dots, N\text{-}1, \tilde{s}_p(0) = s_{p0}.$$

Если обозначить $\tilde{s} = (\tilde{s}_{\ p}\ (n), p \in \mathcal{P}_{out}$, то

$$\tilde{s}(n+1) = \tilde{s}(n) + b(n) - \sigma(n), n = 0, \dots, N\text{-}1,$$

Очевидно, что суммарный объём реализации продукта p дается формулой

$$\sum_{n=0}^{N\text{-}1} r_p\ (n) = \sum_{n=0}^{N\text{-}1} \sigma_p(n) + min\{\tilde{s}_{\ p}(N), 0\}, p \in \tag{4}$$

Суммарные издержки на хранение равны

$$\sum_{n=0}^{N\text{-}1} \sum_{p} h_p\ max\left\{\tilde{s}_{\ p}\ (n+1), 0\right\},$$

а суммарные издержки на штрафы равны

$$\sum_{n=0}^{N\text{-}1} \sum_{p} v_p\, max\left\{-\tilde{s}_{\ p}\ (n+1), 0\right\}.$$

Сформулируем теперь задачу оптимального выбора плана производства, обеспечивающего максимум суммарной условной прибыли, вычисленной с учетом всех указанных компонент дохода и издержек.

Будем ориентироваться на объемную линейную модель производства, где план определяется заданием интенсивностей производственных способов *x (n)* на каждом этапе *n*.

Для простоты предположим, что поставки внешних продуктов не лимитируют, а их объем *q(n)* на любом этапе совпадает с объемом затрат *Ax (n).*

Примем, что

$$b\ (n) = B_x(n), L_x(n) \leq \beta\Delta, x(n) \geq 0,$$

т. е. будем считать постоянными матрицы коэффициентов выпуска 5, коэффициентов затрат времени L, а также располагаемые на каждом этапе ресурсы времени агрегатов $\beta\Delta$.

Тогда задача оптимального выбора плана сведется к следующей задаче математического программирования.

Найти $\bar{x}$ *(n),* обеспечивающий

$$max\{ -\sum_{p}\left[c_p^r max\{-\tilde{s}_p\ (N), 0\} + \sum_{n=0}^{N\text{-}1} max\{h_p\tilde{s}_p\ (n+1), -v_p\tilde{s}_p\ (n+1)\}\right] - \sum_{n=0}^{N\text{-}1}(c^q A + c^J B)\mathrm{x}\ (n)\ \}.\ (9.4)$$

при условиях

$$\left.\begin{aligned} \tilde{s}\,(n+1) = \tilde{s}(n) + Bx(n)\text{-}\sigma(n) \\ Lx\ (n) \leq \beta\Delta, x\ (n) \geq 0, n = 0,1,\dots,N\text{-}1. \end{aligned}\right\}$$

Эта задача легко может быть преобразована в задачу линейного программирования вида

$$min\left\{\sum_{p} Z_{pN} + \sum_{p}\sum_{n=0}^{N\text{-}1} z_p\ (n) + (c^q A + c^J B)x(n)\right\}$$

при условиях

$$\left.\begin{aligned} z_p(n) \geq h_p\tilde{s}\ _p(n+1),\ z_p\ \geq -\gamma_p\tilde{s}\ _p\ (n+1), \\ z_pN \geq -c_p^r\tilde{s}\ _p\ (N), z_{pN} \geq 0;\ p \in \mathcal{P}_{out}, \\ \tilde{}\,(\quad) = \tilde{}\,(\quad) + B\mathrm{x} \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Здесь введены искусственные переменные $z_p(n)$, имеющие смысл издержек на хранение или штраф на этапе n, а также переменные z_{pN}, имеющие смысл потерь в реализации из-за неудовлетворенного спроса на продукт *p.* Отметим, что оптимальное значение целевой функции в отличается знаком от (5) и имеет смысл минимальных совокупных издержек на хранение, штрафы, оплату поставок, оплату труда и потерь в реализации.

Хотя задача в принципе разрешима стандартными методами линейного программирования, однако практически ее размерность может быть очень велика. Поэтому определенный интерес представляет другой подход, связанный с использованием поэтапной оптимизации или *динамического программирования,* который открывает новые вычислительные возможности и позволяет дать иную интерпретацию задаче.

Введем в рассмотрение семейство функций $\mathcal{B}_n(s), n = 0, 1, \ldots, N\text{-}1$, имеющих смысл минимальных совокупных издержек за период функционирования системы с этапа n до конца планового периода при условии, что в начале этапа n чистый запас был равен произвольному, но фиксированному уровню $s = (s_p, p\epsilon\mathcal{P}_{\text{out}})$, т. е. формально

$$\mathcal{B}_n(n) \triangleq \min\left\{\sum_{\xi=0}^{N\text{-}1}[z\,(\xi) + \,(c^q A + c^J B)x\,(\xi)]\right. \qquad (6)$$

$$\left. + \; + \; z_N \;/\; \big(\,x\,(\xi), z\,(\xi)\big)\,\epsilon\,\mathcal{I}_n\,(s)\right\},$$

где

$$\mathcal{I}_n\,(s) \triangleq \{\;x\,(\xi), z\,(\xi)/\;L_x\,(\xi) \le \beta_\Delta, x(\xi) \ge 0,$$

$$z(\xi) = \sum_p max\{h_p\tilde{s}_p(+1), \text{-}\gamma_p\tilde{s}_p(+1)\},$$

$$z_N = \sum_p c_p^r \max\{\text{-}s_p(N), 0\}, \qquad (7)$$

$$\tilde{s}\,(\xi+1) = \tilde{s}(\xi) + \mathrm{B_x}\,(\xi)\text{-}\,\sigma\,(\xi), \xi = \mathrm{n},\ldots,\mathrm{N\text{-}1};\;\tilde{\mathrm{s}}\,(\mathrm{n}) = \mathrm{s}\},$$

С помощью простых преобразований нетрудно убедиться в справедливости рекуррентных соотношений

$$\mathcal{B}_n\,(s) = \;{}_{x}^{min}\{f[x, s + B_x\text{-}\,\sigma\,(n)\,] +$$

$$+\mathcal{B}_{n+1}[s + B_x\text{-}\sigma\,(n)]/x\epsilon\mathcal{Q}\}, n = 0, \ldots, N\text{-}1, \qquad (8)$$

где

$$f(x,s) \triangleq (c^q A + c^J B)\, x + \sum_p max\,\{h_p\, s_{p,}\text{-}\gamma_p s_p\},$$

$$Q \ \triangleq \ \{x/L_x \leq \beta\Delta, x \geq 0\}$$

и формально введена функция

$$\mathcal{B}_n(s) \triangleq \sum_p c_p^r\, max\,\{\text{-}s_p, 0\}.$$

Справедливость (8) ясна и из общих соображений, сформулированных Р. Беллманом в виде принципа оптимальности: оптимальное поведение обладает тем свойством, что, каково бы ни было исходное состояние и решение в исходный момент, последующие решения должны определить оптимальное поведение относительно состояния, получающегося в результате исходного решения (ввиду того, что принцип оптимальности справедлив лишь для определенного класса целевых функций, более надежным является прямой вывод рекуррентных соотношений).

После определения вида функций $\bar{x}_n(s)$ расчет оптимальных планов $\bar{x}(n)$, которые действительно следует принимать на каждом этапе, сводится к прямому подсчету планируемых уровней чистых запасов по рекуррентным формулам

$$\tilde{s}\ (n+1) = \ \tilde{s}\ (n) + \ A\tilde{x}_n[\tilde{s}\ (n)]\text{-}\sigma\ (n), n = 0, \dots, N\text{-}1;$$

$$\tilde{s}\ (0) = s_0\ (9.11)$$

и учету того, что по смыслу определения

$$\tilde{x}_n[\tilde{s}\ (n)] = \bar{x}\ (n).$$

Таким образом, основные трудности заключены в вычислении функций

$$\mathcal{B}_n(s) \text{ и } \bar{x}_n\ (s).$$

Нетрудно по индукции доказать, что из выпуклости и кусочно-линейности $\mathcal{B}_N(s)$ следует выпуклость и кусочно-линейность функций $\mathcal{B}_n(s)$ при любом n, а следовательно, на любом шаге задача вычисления $\mathcal{B}_n(s)$ может быть сведена к задаче линейного параметрического программирования (со свободными параметрами s).

Соотношения можно интерпретировать как уравнения, определяющие оптимальную политику управления запасами выпускаемой новой продукции путем изменения объема выпуска в пределах возможностей предприятия. Вся специфика условий выпуска «спрятана» в указании функции φ (b) и допустимой области решения.

Список литературы

1. Анализ методов исследования и прогнозирования инновационной активности на региональном уровне / А.Ф. Московцев, Р.А. Косенков, В.В. Великанов, А.Б. Симонов, В.Н. Цыганкова // Вопросы инновационной экономики. – 2012. – №2. – С. 15–29.

2. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 275 с.

3. Бондаренко Н.И. Долгосрочный прогноз и управление многоуровневыми социально-экономическими системами. Методология. Теория. Практика. – Великий Новгород, 2006. – 189 с.

4. Великанов В.В. Методика планирования НИОКР на основе объёмных детерминированных моделей / В.В. Великанов, А.А. Сидунов // Известия ВГПУ. – 2012. – №3. – С. 107–110.

5. Венецкий И.Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И.Г. Венецкий, В.И. Венецкая. – М.: Статистика, 2004. – 356 с.

6. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: Высшая школа, 2001. – 318 с.

7. Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего / С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – М.: Наука, 1997. – 297 с.

References

1. Analysis of research methods and forecasting of innovation activity at the regional level / A.F. Moskovtsev, R.A. Kosenkov, V.V. Velikanov, A.B. Simonov, V.N. Tsygankova // Issues of innovative economy. – 2012. – №2. – P. 15–29.

2. Berezhnaya E.V. Mathematical methods for modeling economic systems / E.V. Berezhnaya, V.I. Berezhnoy. – M.: Finance and Statistics, 2007. – 275 p.

3. Bondarenko N.I. Long-term forecast and management of multi-level socio-economic systems. Methodology. Theory. Practice. – Veliky Novgorod, 2006. – 189 p.

4. Velikanov V.V. R & D planning methodology based on volumetric deterministic models / V.V. Velikanov, A.A. Sidunov // Bulletin of VSPU. – 2012. – №3. – P. 107–110.

5. Venetsky I.G. The basic mathematical-statistical concepts and formulas in economic analysis / I.G. Venetsky, V.I. Venetskaya. – M.: Statistics, 2004. – 356 p.

6. Wentzel E.S. Operations research. Tasks, principles, methodology. – M.: Higher School, 2001. – 318 p.

7. Kapitsa, S.P. Synergetics and future predictions / S.P. Kapitsa, S.P. Kurdyumov, G.G. Malinetsky. – M.: Science, 1997. – 297 p.

Великанов Василий Викторович – канд. экон. наук, преподаватель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», Россия, Волгоград.

Velikanov Vasilii Viktorovich – candidate of economic sciences, lecturer at the Volgograd State Social Pedagogical University, Russia, Volgograd.

Сидоренко Наталья Анатольевна – магистрант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», Россия, Волгоград.

Sidorenko Natalia Anatolevna – graduate student at the Volgograd State Social Pedagogical University, Russia, Volgograd.