

Моделирование производственных показателей добывающих компаний для повышения эффективности системы управления

В. И. Бирюкова¹, А. А. Карташевич^{2}*

¹ Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: kartashevichaa@ipgg.sbras.ru

Аннотация. В условиях особой актуальности нефтегазового комплекса для России, с каждым годом осваивается и эксплуатируются множество новых нефтегазовых месторождений. Государство, стремясь стимулировать экономический рост, реализовывает масштабные проекты, связанные с добычей углеводородов. Такие проекты требуют геолого-экономической оценки, которая может проходить как на разных этапах освоения, так и разными методами. В данной работе представлена в общем виде методика прогноза общих объемов добычи, выведенная через математическую индукцию. Математически описаны методики прогнозирования объемов добычи по среднему дебиту, а также по начальному и текущему дебиту. А также представлено доказательство гипотезы с помощью математической индукции. Данная работа может быть полезна в целях моделирования прогнозирования математическими и экономическими методами производственных показателей нефтяных месторождение

Ключевые слова: геолого-экономическая оценка, математическая индукция, прогноз, нефтяное месторождение

Modeling of production indicators of mining companies to improve the efficiency of the management system

V. I. Biryukova¹, A. A. Kartashevich^{2}*

¹Institute of Economics and Industrial Engineering Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: kartashevichaa@ipgg.sbras.ru

Abstract: In the context of the special relevance of the oil and gas complex for Russia, many new oil and gas fields are being developed and exploited every year. The state, in an effort to stimulate economic growth, implements large-scale projects related to the extraction of hydrocarbons. Such projects require geological and economic assessment, which can take place both at different stages of development and by different methods. In this paper, a general method of forecasting total production volumes, drive through mathematical induction, is presented. The methods of forecasting production volumes by the average debit, as well as by the initial and current debit are mathematically described. And also a proof of the hypothesis using mathematical induction is presented. This work can be useful for modeling forecasting by mathematical and economic methods of production indicators of an oil field.

Keywords: geological and economic assessment, mathematical induction, forecast, oil field

Введение

В настоящее время нефтегазовый комплекс России играет важную роль в экономике страны. Почти 50% дохода федерального бюджета формируется за счёт налогов от нефтегазового комплекса, а значит, устойчивое развитие экономики страны зависит от устойчивой добычи нефти. Компании должны брать участки, осваивать их, вовлекать в хозяйственный оборот. Но для этого необходимо понимать экономическую выгоду освоения этих участков, что заставляет компании использовать различные программные комплексы, в основном иностранного производства.

Использование готовых программных комплексов не позволяет изменять алгоритмы, набор входных и выходных параметров, так как, прежде всего эти комплексы закрыты.

В условиях объявления санкций и в связи с этим проводимой государственной политики импортозамещения, актуализировалась работа по разработке и совершенствованию отечественных программных комплексов, направленных, в том числе на оценку экономической эффективности и комплексного освоения участков недр. Это позволит государству планировать геологоразведочные работы, а компаниям оценивать экономические выгоды для себя.

Методические подходы к прогнозированию добычи нефти на месторождении

Наиболее популярными являются прогнозирование добычи нефти по среднему дебиту и прогнозирование добычи нефти по начальному и текущему дебиту. Первый из них удобен в использовании, когда знания о геологических параметрах не доступны или отсутствуют. Второй, напротив, приближен к действительности [1-5].

Прогнозирование добычи нефти по среднему дебиту. При прогнозировании добычи нефти, в первую очередь задаётся профиль добычи нефти в виде пи-образной кривой. Профиль добычи описывает три стадии разработки месторождения — рост добычи, максимальная добыча, называемая полкой, и стадия падения добычи нефти. Динамику добычи нефти можем задать следующей системой:

$$Q(t) = \begin{cases} at + b, \\ c, \\ -dt + g, \end{cases} \quad \text{где} \quad (1)$$

a, b, c, d, g константы, t_i начало и окончание соответствующей стадии добычи нефти, $i = 1, \dots, 4$.

Далее производится расчет динамики фонда скважин $N(t)$:

$$N(t) = \left[\frac{Q(t)}{q^{cp}} \right], \quad (2)$$

где $N(t)$ фонд скважин, шт. в год, $Q(t)$ – динамика добычи нефти, тонн в год, q^{cp} – средний дебит на месторождении, т/сут.

Следующим этапом рассчитывается динамика

$$n(t) = Nt + 1 - Nt, \quad (3)$$

где $n(t)$ — число скважин, вводимых в году t , штук в год, $N(t)$ — фонд скважин по годам, штук в год.

Построение профиля добычи нефти: по начальному и текущему дебиту. Для этого подхода начальные дебиты рассчитываются по следующей формуле:

$$q_0 = \frac{kh}{\mu\beta} * \frac{2\pi\Delta p}{\ln \frac{r_c}{r_e}}, \quad (4)$$

где k — проницаемость, кв. м, μ — вязкость, Пас, h — эффективная толщина пласта, м, Δp — депрессия на пласт, Па, r_c, r_e — радиус скважины и зоны дренирования, м.

Динамика падения дебита нефти задаётся экспоненциальной функцией через начальный дебит:

$$q(t) = q_0 \exp\left(-\frac{t-T}{k}\right), 0 \leq t \leq T_2, \text{ где} \quad (5)$$

q_0 — начальный дебит скважины по нефти, q_t — текущий дебит скважины, T_1 — время безводной эксплуатации скважины, T_2 — время окончания работы скважины, k — коэффициент, отвечающий за режим и срок эксплуатации скважины.

Ввод скважин описывается следующей системой:

$$n_t = \begin{cases} At^a \exp(-\theta t), & 0 \leq t \leq r, \\ n * \text{const}, & 0 \leq t \leq r + l, \\ At^a \exp(-\theta t), & r + l \leq t \leq T, \end{cases} \quad (6)$$

где n_t — число ежегодно вводимых скважин в году t , l — время постоянной добычи нефти, r — время выхода на постоянную добычу, A — масштабирующий коэффициент, θ, α — эмпирические коэффициенты.

Отсюда можем рассуждать о числе введённых скважин за весь срок разработки месторождения и сформировать некоторые ограничения на параметры:

$$N \leq \sum_{t=1}^n n(t) = Sp, \text{ где} \quad (7)$$

N — фонд добывающих скважин, S — площадь нефтегазоносного объекта, ρ — плотность сетки добывающих скважин.

В теории методов прогнозирования динамики добычи нефти достаточно много, но чаще всего на практике применяется второй из подходов — прогнозирование по начальному и текущему дебиту [6-8].

Формализация подхода к прогнозированию добычи нефти

На основе вышеперечисленных формульных представлений можем рассчитать годовой уровень добычи нефти.

Гипотеза. Пусть Q_T — уровень добычи нефти в год t , n_t — число ежегодно вводимых скважин в году t , q_t — текущий дебит скважины. Тогда:

$$Q_1 = n_1 * q_1,$$

$$Q_2 = n_1 * q_2 + n_2 * q_1,$$

$$Q_3 = n_1 * q_3 + n_2 * q_2 + n_3 * q_1,$$

...

$$Q_T = n_1 * q_T + n_2 * q_{T-1} + n_3 * q_{T-2} + \dots + n_T * q_1.$$

База индукции. Годовой уровень добычи нефти получается умножением числа скважин, установленных в этом году на дебит скважины.

Шаг индукции. Предположим, что в год $T - 1$ выполняется $Q_{T-1} = n_1 * q_{T-1} + n_2 * q_{T-2} + n_3 * q_{T-3} + \dots + n_T * q_1$.

Докажем, что для года T верно $Q_T = n_1 * q_T + n_2 * q_{T-1} + n_3 * q_{T-2} + \dots + n_T * q_1$.

Рассмотрим скважины, установленные в первый год. Заметим, что на $n_1 * (q_1 - q_2)$ уменьшится объем продукции, добываемой из этих скважин, в последующий год. Тогда на $n_1 * (q_{T-1} - q_T)$ уменьшится объем продукции, добываемой из этих скважин, в год T . Обозначим $\Delta q_{T-1} = q_{T-1} - q_T$. Тогда, продолжая для каждого n_i , получим:

$$[n_1 * \Delta q_{T-1} + n_2 * \Delta q_{T-2} + \dots + n_{T-1} * \Delta q_1] \quad (8)$$

на столько меньше объем продукции, получаемый из установленных в предыдущий год скважин, в год T в сравнении с предыдущим годом $T - 1$. Тогда, можем рассчитать, сколько нефти будет добыто в год T по формуле:

$$Q_T = Q_{T-1} - [n_1 * \Delta q_{T-1} + n_2 * \Delta q_{T-2} + \dots + n_{T-1} * \Delta q_1] + n_T * q_1 \quad (9)$$

Раскрыв скобки получим:

$$Q_T = n_1 * q_T + n_2 * q_{T-1} + n_3 * q_{T-2} + \dots + n_T * q_1 \quad (10)$$

Гипотеза доказана. Стоит отметить, что каждая формула приведенной гипотезы сворачивается до вида:

$$Q_t = \sum_{j=1}^t n_j q_{t+1-j}. \quad (11)$$

В таких условиях можно свернуть всю систему гипотезы до вида:

$$Q_t = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^t n_j q_{t+1-j}, \quad (12)$$

где $H_T = \sum_{t=1}^T Q_t$ – величина добытой нефти за весь период разработки месторождения.

Заключение

Как было отмечено ранее, государственный бюджет России зависит в значительной степени от поступлений налогов с доходов от осваивания нефтяных месторождений, то есть устойчивое развитие экономики страны зависит от устойчивой добычи углеводородов. Таким образом, профильные компании должны осваивать участки нефтегазоносных районов и вовлекать их в производственный цикл. Для этого необходимо, прежде всего, рассчитать и оценить экономический потенциал добычи нефти, соотношение возможной прибыли и затрат, разработать стратегию повышения эффективности освоения месторождения.

Решение задачи нахождения профиля добычи по описанному выше методу даёт возможность строить разные сценарии. Соответственно, на основе метода можно рассчитать экономическую эффективность освоения месторождения в зависимости от изменения различных геологических, промысловых, экономических параметров добычи. Опираясь на предложенный метод прогнозирования, можно получить лучшие показатели, что в свою очередь увеличивает и экономическую привлекательность освоения рассматриваемого участка.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках проекта 5.6.6.4. (0260-2021-0008) «Методы и модели обоснования стратегии развития экономики России в условиях меняющейся макроэкономической реальности» ИЭОПП СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проворная И.В., Эдер Л.В., Филимонова И.В., Немов В.Ю. Устойчивые тенденции развития нефтепереработки в России: региональная и организационная структура отрасли // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2019. – № 1 (169). – С. 20-30.
2. Филимонова И.В., Эдер Л.В., Проворная И.В., Комарова А.В. Закономерности исчерпания запасов нефти и газа в России и прогноз их воспроизводства // Экологический вестник России. – 2018. – № 4. – С. 1-9.
3. Эдер Л.В., Филимонова И.В., Немов В.Ю., Проворная И.В. Состояние и перспективы развития нефтегазового комплекса // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2017. – № 3. – С. 41-49.
4. Филимонова И.В., Эдер Л.В., Немов В.Ю., Комарова А.В. Структурные изменения в нефтедобыче России // Экологический вестник России. – 2018. – № 1. – С. 1-8.
5. Эдер Л.В., Филимонова И.В., Проворная И.В., Мамахатов Т.М. Особенности развития нефтяной промышленности России на современном этапе // Бурение и нефть. – 2016. – № 12. – С. 3-14.

6. Хачатуров В.Р., Соломатин А.Н., Скиба А.К., Моделирование разработки газовых месторождений, ТРУДЫ МФТИ. – 2017. – Т. 9. – № 3. – С. 168-177.
7. Соломатин А.Н., Некоторые оптимизационные задачи для группы газовых месторождений. // Москва: ВЦ РАН. – 2009. – С. 44.
8. Эдер Л.В., Филимонова И.В., Немов В.Ю., Современное состояние нефтяной промышленности России. // Бурение и нефть. – 2013. – № 5. – С. 8-13.

© В. И. Бирюкова, А. А. Карташевич, 2022