

ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН

С. С. СУЛАКШИН

(Представлена научным семинаром кафедры техники разведки)

Обоснование и расчет экономической эффективности направленного бурения геологоразведочных скважин имеет очень важное значение для развития и внедрения в практику работ этого прогрессивного метода.

Показателем экономической эффективности новой техники, технологии или методики работ, как известно, является в конечном итоге экономия, получаемая в результате снижения издержек производства за счет уменьшения затрат живого и овеществленного труда. При этом должно иметь место повышение производительности труда и снижение себестоимости работ. Существует ряд способов определения экономической эффективности от внедрения новой техники, механизации и автоматизации процессов в промышленности, выпускающей определенную продукцию, но они мало пригодны для определения экономической эффективности, получаемой при направленном бурении скважин. Это связано с определенной спецификой геологоразведочных работ и большим разнообразием условий их проведения. Поэтому, очевидно, до сих пор нет определенной и достаточно приемлемой методики решения этой важной для внедрения прогрессивного способа бурения геологоразведочных скважин задачи.

В практике работ экономический эффект от направленного бурения скважин часто определяется стоимостью пройденной скважины до места, с которого начали применяться средства направленного бурения, полагая, что в противном случае скважина не решила бы поставленные задачи и была бы списана в брак. Такая «экономия» носит условный характер, но в ряде случаев может быть действительно принята во внимание.

Экономическую эффективность от применения многоствольных скважин обычно определяют стоимостью сэкономленного метража за счет бурения дополнительных стволов. Такая методика позволяет весьма грубо оценить преимущества многозабойных скважин, так как в этом случае не учитываются очень многие факторы.

А. Е. Колесников, например, для оценки экономической эффективности предлагает пользоваться некоторым коэффициентом

$$K_{эф} = \frac{C_0}{C_m}, \quad (1)$$

где C_0 — стоимость разведочного бурения, выполняемого обычным способом;

C_m — стоимость работ при бурении многозабойных скважин. Применение многозабойных скважин рационально только при $\kappa_{эф} > 1$.

Очевидно, потому, что все расходы, связанные с бурением многозабойных скважин, могут быть определены только после их бурения, А. Е. Колесниковым рекомендуется определять коэффициент эффективности по отношению:

$$\kappa_{эф} = \frac{L}{L_{экр}}, \quad (2)$$

где L — метраж скважин, пройденных обычным способом;
 $L_{экр}$ — эквивалентный метраж, определяемый выражением

$$L_{экр} = L_0 + \kappa_T \Sigma l, \quad (3)$$

где L_0 — длина основного ствола;
 $\kappa_T = 1,3 - 2,5$ — коэффициент „трудности бурения“, учитывающий добавочные затраты на бурение дополнительных стволов;

Σl — суммарный метраж дополнительных стволов.

Очевидно, пользоваться предложенными формулами можно только при достаточно точном определении C_0 и C_m в выражении (1) и $\kappa_{эф}$ в выражении (2), что автором не показывается.

В инструкции для определения экономического эффекта от внедрения новой техники и технологии, составленной КазИМС, рекомендуется определять экономический эффект от многозабойного бурения по формуле

$$\mathcal{E} = (\Sigma C_c + E \Sigma \kappa_c) - (\Sigma C_n + E \Sigma \kappa_n), \quad (4)$$

где C_c — стоимость бурения скважин с поверхности земли и стоимость монтажно-демонтажных работ;

κ_c — стоимость буровых станков и копров, необходимых для бурения скважин с поверхности, с учетом транспортных и других расходов;

E — нормативный отраслевой коэффициент экономической эффективности (0,20);

C_n — стоимость бурения дополнительных стволов, монтажно-демонтажных работ и постановки отклонителей;

κ_n — стоимость станков, копров, клиньев и клиномера при многозабойном бурении с учетом транспортных и других расходов (учитывается коэффициентом, равным 1,1).

При этом стоимость бурения 1 пог. м стволов основных и дополнительных скважин принимается одинаковой так же, как и категория пород, что в практике работ бывает нечасто. Кроме того, вряд ли в этом случае можно пользоваться полной стоимостью станков и оборудования (капитальные затраты), учитывая, что амортизационный срок для них много больше времени бурения отдельных скважин.

Таким образом, ни один из рассмотренных способов не дает возможности достаточно полно и точно оценить экономическую эффективность направленного бурения геологоразведочных скважин.

Методика расчета экономической эффективности направленного бурения скважин

Определение экономической эффективности направленного бурения должно основываться на достаточно полном анализе технико-экономи-

ческих показателей, оцениваемых для разных вариантов в конкретных геолого-технических условиях.

Естественно, что при сравнении выбранных вариантов необходимо учитывать весь комплекс факторов, способствующих повышению или снижению эффективности при том или ином варианте.

При рассмотрении и анализе всех факторов, определяющих возможность и рациональность направленного бурения, необходимо учитывать не только количественные, но и качественные показатели. К основным факторам, определяющим экономическую эффективность и рациональность применения направленного бурения разведочных скважин, следует отнести:

1. Возможность проходки скважин по заданному наиболее рациональному профилю.

2. Возможность проходки вертикально-наклонных скважин (отклоняемых в нужную сторону на определенной глубине).

3. Возможность проходки многоствольных скважин для решения целого ряда геологических и технических задач.

Реализация отмеченных положительных моментов, характеризующих направленное бурение скважин, дает возможность в конкретных условиях получить в конечном итоге значительный экономический эффект, улучшить качество работ, сократить сроки разведки месторождений полезных ископаемых и, наконец, выбрать наиболее выгодные условия проведения буровой разведки. Действительно осуществление направленного бурения одно- и многоствольных скважин позволяет:

А. В общем случае

1. Увеличить производительность труда за счет применения форсированных режимов бурения в слабоискривленных направленных скважинах.

2. Устранить брак в работе, так как все скважины при направленном бурении выполняют поставленные задачи.

3. Улучшить качество работ, так как скважины приводятся в заданные точки, выдерживаются параметры разведочной сетки, получают более точные данные о мощности и глубине залегания полезных ископаемых, а также улучшается качество и увеличивается количество получаемого керна в менее искривленных скважинах.

4. Уменьшить число аварий и улучшить условия их ликвидации в слабоискривленных скважинах.

5. Выбрать наиболее удобные и выгодные места для заложения устьев скважин.

6. Сократить затраты средств на 1 тонну разведанных запасов полезных ископаемых.

7. Повысить категорию разведанных запасов за счет улучшения качества выполняемых работ.

8. Провести разведку в более короткий срок.

Б. При направленном бурении вертикально-наклонных скважин

1. Упростить конструкцию скважин, уменьшить расход обсадных труб при бурении в рыхлых неустойчивых породах и увеличить срок их службы.

2. Упростить конструкцию буровых копров и облегчить монтаж бурового оборудования.

3. Увеличить производительность труда при осуществлении спуско-подъемных операций в вертикально-забуренных скважинах за счет

механизации этого процесса, применения полуавтоматических элеваторов и улучшения условий труда.

4. Уменьшить состав буровой бригады за счет применения полуавтоматических элеваторов при работе в копрах для вертикального бурения.

В. При направленном бурении многоствольных скважин

1. Сократить количество скважин, задаваемых с поверхности.
2. Сократить метраж бурения разведочных скважин на 1 тонну разведанных запасов.
3. Сократить число перевозок буровых вышек и оборудования.
4. Сократить объемы монтажно-демонтажных работ и строительства коммуникаций (подъездных путей, электросиловых линий, водопровода и др.).
5. Уменьшить затраты на привязку устьев скважин на местности.
6. Уменьшить затраты на потраву посевов, вырубку леса и др.
7. Уменьшить эксплуатационные расходы на поддержание подъездных путей в транспортном состоянии (особенно в зимнее время), ремонт электролиний и водопроводов, на подвозку сменного оборудования, материалов, промывочной жидкости и др.
8. Уменьшить амортизационные расходы.
9. В конечном счете в значительной степени сократить затраты средств на 1 т разведанных запасов полезных ископаемых.

При сравнительном анализе способов бурения скважин, естественно, должны учитываться и расходы, связанные с применением специальных средств направленного бурения, и затраты дополнительного времени на осуществление тех или иных операций: ориентирование и установка отклонителей, забуривание нового направления и т. д. Конечный баланс расходов материальных средств и затрат времени на разведку месторождения решает вопрос о целесообразности применения того или иного метода бурения скважин.

При выборе той или иной схемы разведки буровыми скважинами важным вопросом является срок выполнения разведочных работ. Очевидно, в определенных условиях, применяя многоствольные скважины, можно не получить экономического эффекта, но полученное при этом сокращение сроков работ может оправдать увеличение расходов средств.

Таким образом, расчет экономической эффективности направленного бурения сводится к определению затрат денежных средств при обычном и направленном бурении скважин. Обозначим:

- S_1 — затраты средств на привязку устьев вновь закладываемых скважин;
- S_2 — затраты средств на подготовку площадки под буровую установку (планировка поверхности или выемка грунта, вырубка леса, оплата потравы сельскохозяйственных угодий, лесосек и др.) или на подготовку камеры при бурении из подземных выработок;
- S_3 — затраты средств на монтаж и демонтаж основного и вспомогательного оборудования (сооружение копров, фундаментов, установка и закрепление механизмов, освещение, отопление, и др.);
- S_4 — затраты средств на перевозку всего оборудования с точки на точку;
- S_5 — затраты средств, связанные с забуриванием скважин с поверх-

ности (устройство приемков, установка и тампонаж направляющей трубы и др.);

- S_6 — затраты средств на подготовку 1 км подъездных путей к вновь закладываемым скважинам (расчистка, планировка, настилка пути, сооружение мостов, оплата потравы, лесосек и др.);
- S_7 — эксплуатационные расходы, связанные с поддержанием в транспортном состоянии 1 км подъездных путей к буровой точке (ремонт, расчистка от снега в зимнее время);
- S_8 — затраты средств на прокладку 1 км электролиний для электрообеспечения буровой установки;
- S_9 — эксплуатационные расходы, связанные с поддержанием электролиний в рабочем состоянии;
- S_{10} — затраты средств на подготовительные работы, связанные с водоснабжением (строительство водозабора, скважин для водоснабжения, водопроводных линий и их утепление), и эксплуатационные расходы, приходящиеся на одну точку;
- S_{11} — стоимость амортизации основного оборудования;
- S_{12} — стоимость средств направленного бурения, расходуемых на один ствол;
- S_{13} — затраты средств, связанные с отклонением (забуриванием) стволов (ориентирование и установка отклоняющего устройства, дополнительные замеры кривизны скважины и др.);
- S_{14} — стоимость бурения скважины по интервалам глубины и категориям пород при обычных условиях;
- S_{15} — то же при направленном бурении.

Очевидно, затраты на подготовительные, монтажно-демонтажные работы и перевозку будут определяться, как

$$(S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5) q_1 = \sum_{i=1}^{i=5} S_i q_1 = S_m, \quad (4)$$

где q_1 — количество скважин, закладываемых с поверхности.

Затраты средств на подготовку и эксплуатацию подъездных путей и электролиний будут соответственно определяться

$$(S_6 + S_7) q_2 = \sum_{i=6}^{i=7} S_i q_2 = S_{п.п}, \quad (5)$$

$$(S_8 + S_9) q_3 = \sum_{i=8}^{i=9} S_i q_3 = S_{э.л}, \quad (6)$$

где q_2 — протяженность сооружаемых подъездных путей до проектируемых скважин, км;

q_3 — протяженность электролиний до проектируемых скважин, км.

Затраты средств на подготовительные работы по водоснабжению

$$S_{10} \cdot q_1 = S_v,$$

где q_1 — количество проектируемых скважин обычного бурения.

Стоимость амортизации основного оборудования может быть определена из расчета планируемого срока амортизации применяемого оборудования: бурового агрегата S_a , бурового копра S_k и др., т. е.

$$S_{11} = S_a + S_k = \frac{t_{a_0}}{T_a} Q_a + \frac{t_{k_0}}{T_k} Q_k, \quad (8)$$

где t_{a_0}, t_{k_0} — время работы бурового агрегата и копра на скважине при обычном бурении ($t_{a_{нб}}, t_{k_{нб}}$ при направленном бурении);

T_a, T_k — сроки амортизации бурового агрегата и копра;

Q_a, Q_k — полная стоимость бурового агрегата и копра.

Стоимость средств направленного бурения, расходуемых на один ствол, определяется выражением

$$S_{12} = \frac{Q_{нб}}{q_4}, \quad (9)$$

где $Q_{нб}$ — полная стоимость средств, применяемых при направленном бурении;

q_4 — количество применений.

Затраты средств, связанные с отклонением (забуриванием) стволов, определяются, исходя из стоимости станко-смены Q_{c-c} и времени работы со средствами направленного бурения $t_{нб}$,

$$S_{13} = (Q_{c-c} \cdot t_{нб}) q_4. \quad (10)$$

Если при использовании средств направленного бурения осуществляется и углубка скважины, то затраты средств, связанные с применением отклонителей, будут равны нулю. Снижение или повышение производительности при этом будет учитываться стоимостью 1 пог. м пробуренной части ствола.

Стоимость бурения скважин определяется по интервалам глубин и категориям пород

$$S_{14} = (S_{об_1} \cdot L_{об_1} + S_{об_2} L_{об_2} + \dots + S_{об_n} L_{об_n}) \kappa_{об} = \kappa_{об} \sum_{i=1}^{i=n} S_{об_i} L_{об_i}, \quad (11)$$

где $S_{об_1}, S_{об_2}, S_{об_3}, \dots, S_{об_n}$ — стоимость бурения 1 пог. м скважин на разных глубинах и по разным категориям пород;

$L_{об_1}, L_{об_2}, L_{об_3}, \dots, L_{об_n}$ — длина интервалов бурения;

$\kappa_{об}$ — коэффициент, учитывающий увеличение или уменьшение расходов на бурение 1 пог. м скважин за счет ненормированных условий (обсадка скважины трубами, бурение на пониженных или форсированных режимах, аварии, их ликвидация и т. д.).

$$S_{15} = (S_{нб_1} L_{нб_1} + S_{нб_2} L_{нб_2} + \dots + S_{нб_n} L_{нб_n}) \kappa_{нб} = \kappa_{нб} \sum_{i=1}^{i=n} S_{нб_i} L_{нб_i}, \quad (12)$$

где $S_{нб}$ — стоимость направленного бурения 1 пог. м скважин на разных горизонтах и по породам разных категорий;

$L_{нб}$ — длина интервалов бурения;

$\kappa_{нб}$ — коэффициент, учитывающий увеличение или уменьшение расходов на бурение 1 пог. м скважин за счет ненормированных условий.

Тогда при сравнительной оценке вариантов, например при многоствольном бурении (рис. 1), стоимость всех скважин (№ 1, 2 и 3), пробуренных с поверхности, будет

$$S_{об} = S_m + S_{пл} + S_{эл} + S_v + S_{11} + S_{14} \quad (13)$$

ИЛИ

$$\Sigma S_{об} = \sum_{i=1}^{i=5} S_i \cdot q_1 + \sum_{i=6}^{i=7} S_i q_2 + \sum_{i=8}^{i=9} S_i q_3 + S_{10} q_1 + \frac{t_{a_0}}{T_a} Q_a + \frac{t_{к_0}}{T_k} Q_k + \kappa_{об} \sum_{i=1}^{i=n} S_{об_i} L_{об_i}. \quad (14)$$

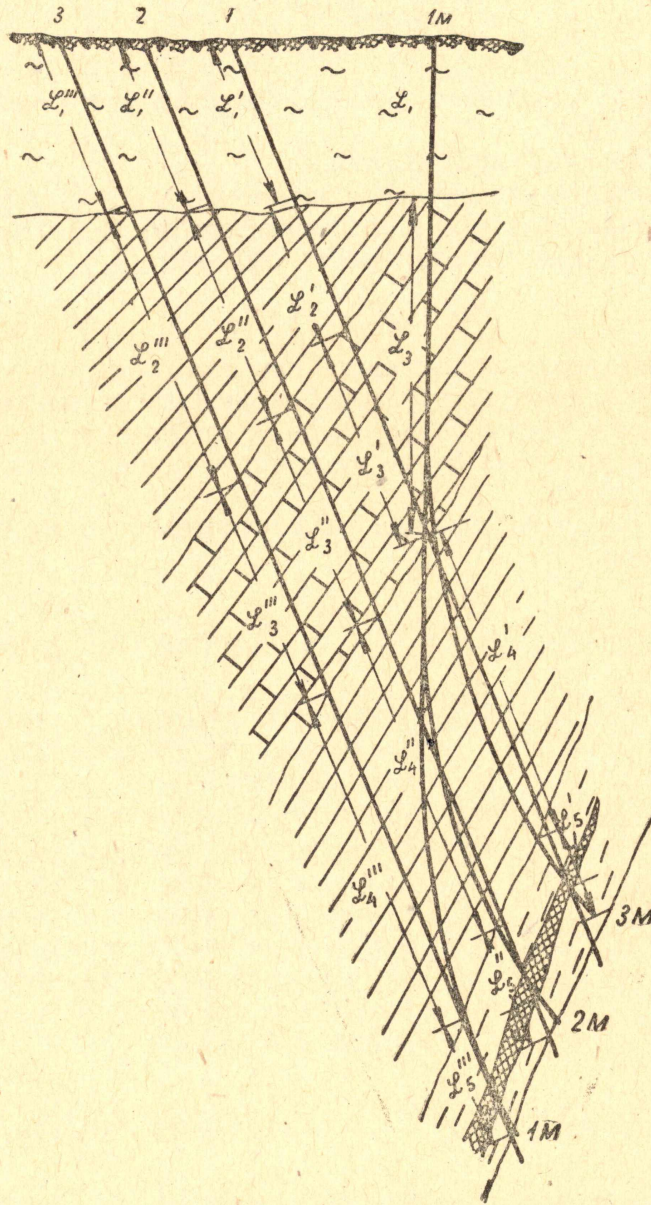


Рис. 1. Схема подсечения залежи одноствольными и многоствольными скважинами: 1, 2, 3 — номера одноствольных скважин; 1м, 2м, 3м — номера стволов многоствольной скважины

Стоимость многозабойной скважины при направленном бурении (№ 1 м; 2 м и 3 м) будет

$$\Sigma S_{нб} = \frac{Q_{нб}}{q_4} + (Q_{с-с} \cdot t_{нб}) q_4 + \frac{t_{a_{нб}}}{T_a} Q_a + \frac{t_{к_{нб}}}{T_k} Q_k + \kappa_{нб} \sum_{i=1}^{i=n} S_{нб_i} L_{нб_i} \quad (15)$$

или

$$S_{\text{нб}} = S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{15}. \quad (16)$$

Очевидно, что направленное бурение многоствольной скважины будет экономически целесообразным в том случае, если коэффициент экономичности будет равен или больше единицы, т. е.

$$k_э = \frac{\Sigma S_{\text{об}}}{\Sigma S_{\text{нб}}} \geq 1. \quad (17)$$

Экономический эффект может быть определен в этом случае, как разность $\Sigma S_{\text{об}}$ и $\Sigma S_{\text{нб}}$

$$S_э = \Sigma S_{\text{об}} - \Sigma S_{\text{нб}}. \quad (18)$$

Этим выражением можно с успехом пользоваться и при определении экономической целесообразности бурения скважины из подземных выработок.

При определении экономической эффективности обычного направленного бурения одноствольных скважин следует учитывать все положительные стороны, перечисленные в пунктах А и Б.

Очевидно, в определенных условиях экономическая эффективность направленного бурения может определяться и стоимостью пробуренных, но сильно искривляющихся скважин, не решающих при обычном бурении поставленных задач.

Здесь следует отметить, что экономический эффект при направленном бурении в значительной степени зависит от рациональности подобранных профилей скважин, направления их бурения, выбранных мест заложения устьев и условий бурения. С целью получения максимального экономического эффекта необходимо:

1) возможно полнее и рациональнее использовать условия естественного искривления, руководствуясь установленными закономерностями с целью минимального использования средств искусственного искривления при выводе скважин на проектный профиль;

2) проектировать проходку скважин в породах с более высокой буримостью, но достаточно устойчивых и однородных, в особенности при разведке крутопадающих залежей, когда практически безразлично, с какого бока задавать скважины;

3) применять профили многоствольных скважин с преимущественным выполаживанием стволов в направлении против падения пород;

4) определять места забуривания дополнительных стволов в наиболее благоприятных условиях — в интервалах скважин с небольшой разработкой стволов в устойчивых, но достаточно легко буримых породах.