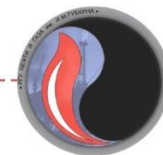


РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

**Автоматизация процедур размещения
технологических объектов газовой залежи**

Ермолаев А.И.

aier@gubkin.ru



ЦЕЛИ

Повышение степени обоснованности проектных решений

Сокращение времени проектирования систем разработки и обустройства месторождений

ЗАДАЧИ:

Автоматизированное проектирование

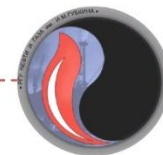
расстановки добывающих скважин (1)



размещения кустовых площадок с распределением скважин по кустам (2)

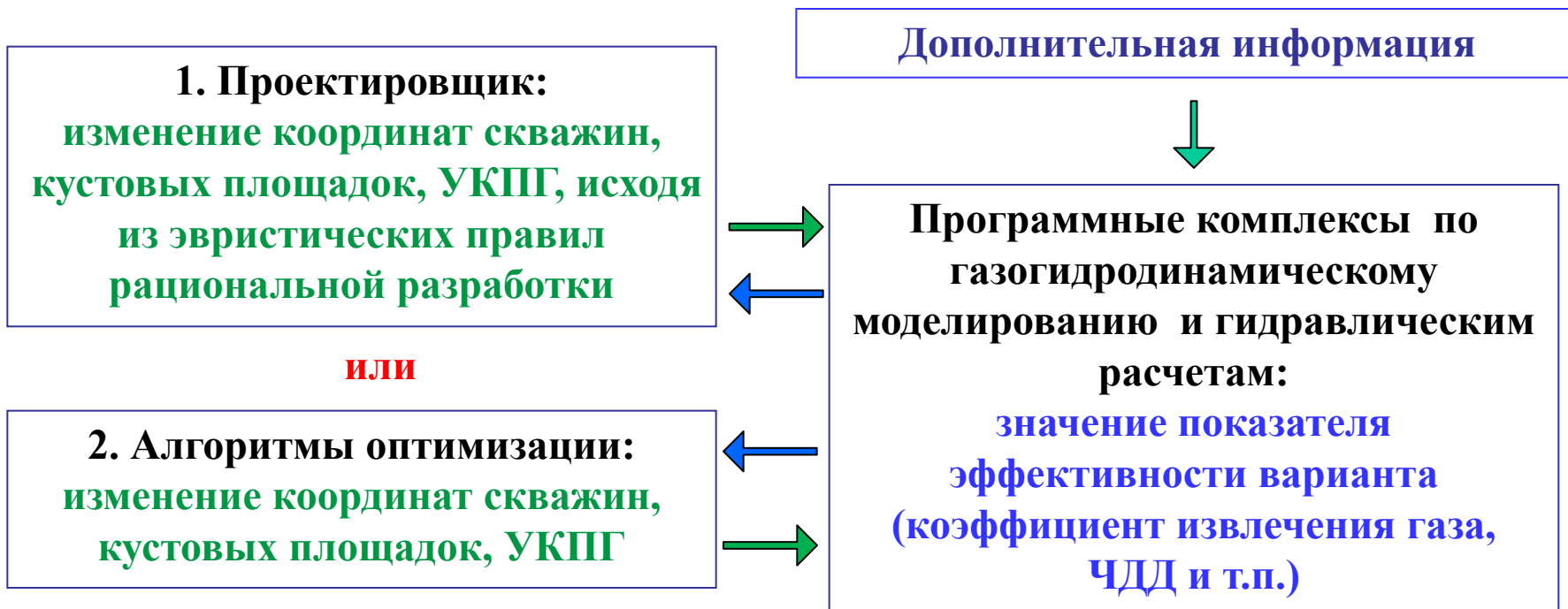


размещения УКПГ (3)



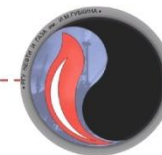
Проблемы проектирования вариантов размещения скважин, кустовых площадок и распределения скважин по кустам, размещения УКПГ

Существующие подходы:

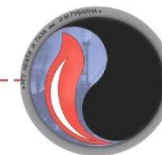
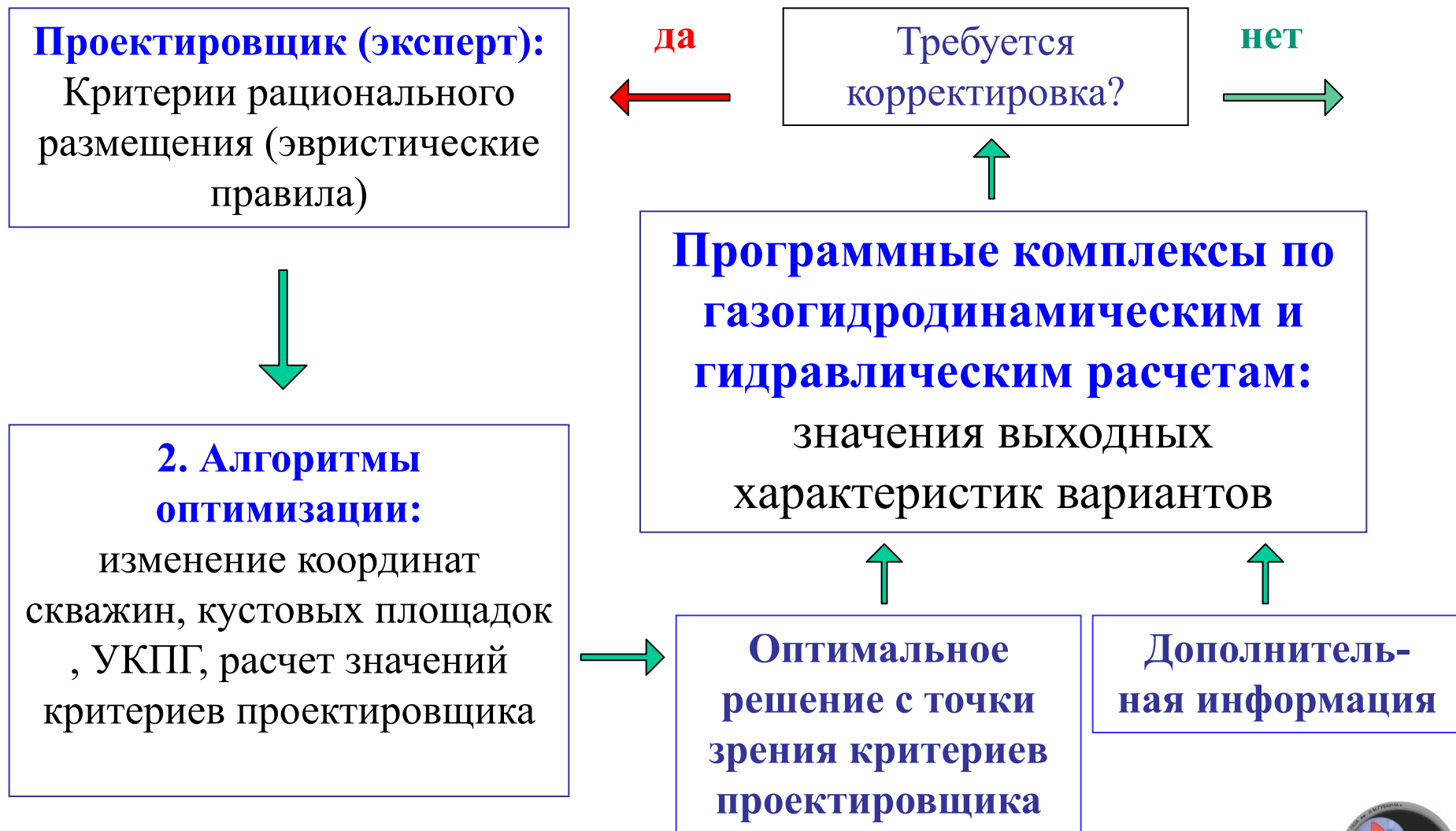


Недостатки существующих подходов:

1. Анализ ограниченного числа вариантов (1-й подход)
2. Многократный запуск гидродинамического симулятора (2-й подход)



Предлагаемый подход к автоматизированному проектированию размещения скважин, кустовых площадок и распределения скважин по кустам, размещения УКПГ



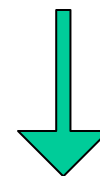
Преимущества

увеличение числа
«просматриваемых»
вариантов

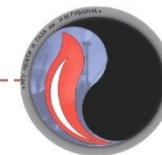


повышение степени
обоснованности
принимаемых проектных
решений

сокращение числа обращений
к гидродинамическому
симулятору



сокращение времени
проектирования систем
разработки
месторождений

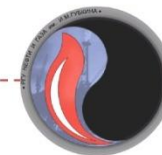


Задача 1. Размещение скважин

1.1. Эвристические правила размещения скважин (критерии рационального размещения)

Под рациональным размещением заданного числа скважин понимается такое расположение забоев скважин в продуктивном пласте, при котором обеспечивается:

- а) примерное равенство «областей влияния» скважин;*
- б) максимально возможный охват пласта (минимизация расстояния от скважины до любого участка пласта);*
- в) приближение скважин к участкам пласта, обладающим наибольшей «продуктивностью».*
- г)*



1.2. Постановка задачи размещения добывающих скважин

- Рассматривается залежь произвольной формы, заданная двумерной областью, состоящей из n блоков.
- Исходя из правил $a, б, в, \dots$ определить s блоков, содержащих добывающие скважины, где s – количество скважин, $s \leq n$,
- n/s – целое число.

R_{ij} - расстояние между центрами i -го и j -го блоков

$$R \equiv \max \{R_{ij}\}$$



$$r_{ij} = R_{ij}/R \quad (*)$$

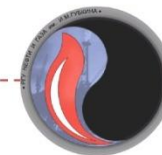
$$V \equiv \max \{V_j\}$$



Оценка λ_j - полезности j -го блока:

- A) V_j - экспертная оценка полезности j -го блока;
 B) V_j - запасы газа j -го блока;
 C) V_j - коэффициент извлечения газа при размещении единственной скважины в j -м блоке;
 D) V_j -

$$\lambda_j = V_j/V \quad (**)$$



1.3. Расчет c_{ij} - «потерь» от удалённости скважины, расположенной в i -м блоке, от j -го блока

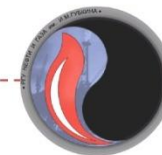
$$c_{ij} = \begin{cases} \lambda_j^{(1-\gamma)} r_{ij}^\gamma, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad i, j=1, \dots, n, \quad \gamma \in [0, 1],$$

λ_j ИЗ (**)
 r_{ij} ИЗ (*)

где γ - экспертная оценка важности показателя r - «расстояния» по отношению к показателю λ - «полезности».

Искомые переменные

x_{ij} : $x_{ij} = 1$, если j -й блок включен в «область влияния» скважины, размещенной в i -м блоке; $x_{ij} = 0$ - в ином случае;
 тогда $x_{ii} = 1$, если i -й блок содержит скважину; $x_{ii} = 0$ - в ином случае.



1.4. Модель размещения забоев скважин

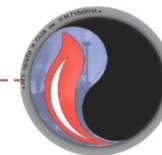
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min_x \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ii} = s \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = (n/s)x_{ii}, \quad i = \overline{1, n} \quad (4)$$

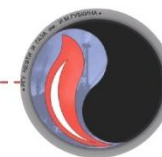
$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (5)$$



1.5. Пример решения задачи размещения скважин

Месторождение состоит из 8 пластов (эксплуатационных объектов), приуроченных к апт-сеноманским и валанжинским отложениям. Месторождение предлагается разрабатывать 28 вертикальными скважинами, объединенными в 4 куста, с индивидуальной сеткой скважин для каждого эксплуатационного объекта с единой системой сбора скважинной продукции и одной УКПГ.




Пласт	Запасы, V , млрд.м ³	Число скважин, s
РК ₂₁₋₁	16.08	5
АТ ₆₋₇	13.12	4
ВТ ₅₋₁	6.03	4
ВТ ₅₋₂	2.46	2
ВТ ₆₋₂	8.27	4
ВТ ₇	3.46	2
ВТ ₉₋₂	2.86	2
ВТ ₁₀	7.79	5

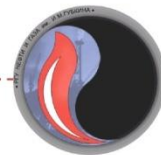


Автоматизированное размещениеЭкспертное размещениеОсновные геолого-физические параметры пласта:

Начальное пластовое давление, МПа	16,4÷17.8
Пористость, доли ед.	0,10÷0,29
Начальная газонасыщенность, %	0÷80
Проницаемость, мД	10÷594

Условные обозначения

	Изолиния эффективной газонасыщенной толщины
	ГВК
	Скважина



Задача 2. Размещение кустовых площадок и распределение скважин по кустам

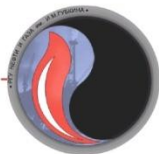
2.1. Постановка задачи

Залежь представляется двумерной областью, состоящей из m одинаковых блоков (квадратов).

Рассматриваются скважины с одним забоем.

Задача: Найти наилучшее расположение кустовых площадок и наиболее предпочтительное распределение скважин по кустам при известном расположении забоев скважин.

Критерий оптимальности: Минимум суммарной стоимости строительства скважин и кустовых площадок.



2.2. Исходные параметры и искомые переменные

Исходные данные:

1. S - предельное число кустовых площадок и
 K - максимальное количество скважин в кусте.

2. C_i – стоимость сооружения кустовой площадки в i -м блоке,
 $i=1, \dots, m$,

w_{ij} – стоимость строительства скважины, соединяющей центр i -го блока с j -м забоем;

3. Параметры c_{ij} :

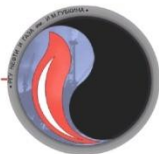
а) если $R_{ij} \leq D$, то $c_{ij} = w_{ij}$;

б) если $R_{ij} > D$, то $c_{ij} = W$, где, $W \gg \max\{w_{ij}\}$;

Искомые переменные:

1) x_{ij} , где $x_{ij} = 1$, если j -я скважина подключается к кустовой площадке, находящейся в i -м блоке, и $x_{ij} = 0$, в ином случае;

2) y_i , где $y_i = 1$, если в i -м блоке располагается кустовая площадка (КП), и $y_i = 0$, в ином случае.



2.3. Модель размещения кустовых площадок и распределения скважин по кустам

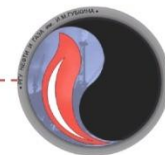
$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m C_i y_i \rightarrow \min_{X,Y} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m y_i \leq S \quad (7)$$

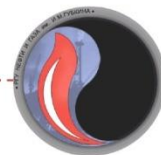
$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq K y_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n} \quad (9)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, x_{ij} \in \{0, 1\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (10)$$



2.4. Представление газоносной площади двумерной сеточной областью

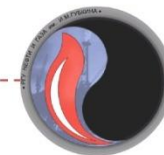


2.5. Сравнение автоматизированного и экспертного размещения кустовых площадок и распределения скважин по кустам

Автоматизированное размещение

Экспертное размещение

- - Положение кустовой площадки (К-I, II, III, IV)
- ☀ - Положение забоев скважин



Задача 3. РАЗМЕЩЕНИЕ УКПГ (критерий: минимум потерь пластовой энергии)

3.1. Модель размещения одной УКПГ

Залежь представляется двумерной областью, состоящей из одинаковых блоков (квадратов)

Исходные данные:

U – множество номеров блоков, в которых возможно размещение УКПГ,
 P_{ki} - выходное давление шлейфа, соединяющего i -ю КП с центром k -го блока,
 $k \in U$,
 m – число КП.

$$\sum_{k \in U} \left[\min_{1 \leq i \leq m} (P_{ki}) \right] z_k \rightarrow \max_z \quad (15)$$

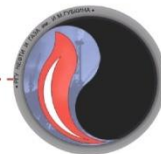
$$\sum_{k \in U} z_k = 1 \quad (16)$$

$$z_k \in \{0, 1\}, k \in U, \quad (17)$$

Искомые переменные z_k :

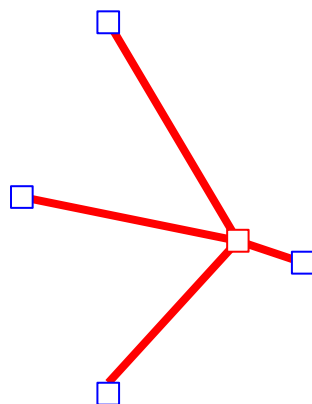
$z_k = 1$, если УКПГ размещается в центре k -го блока,
и $z_k = 0$, в ином случае.

Решение полным перебором допустимых вариантов размещения (для одной УКПГ)

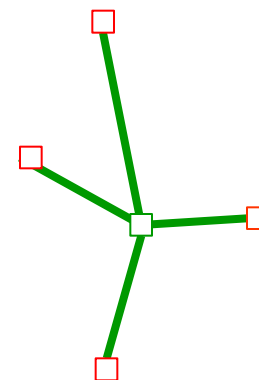


3.2. СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО И ЭКСПЕРТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОДНОЙ УКПГ

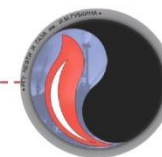
Автоматизированное размещение



Экспертное размещение



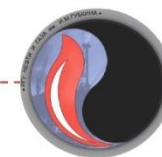
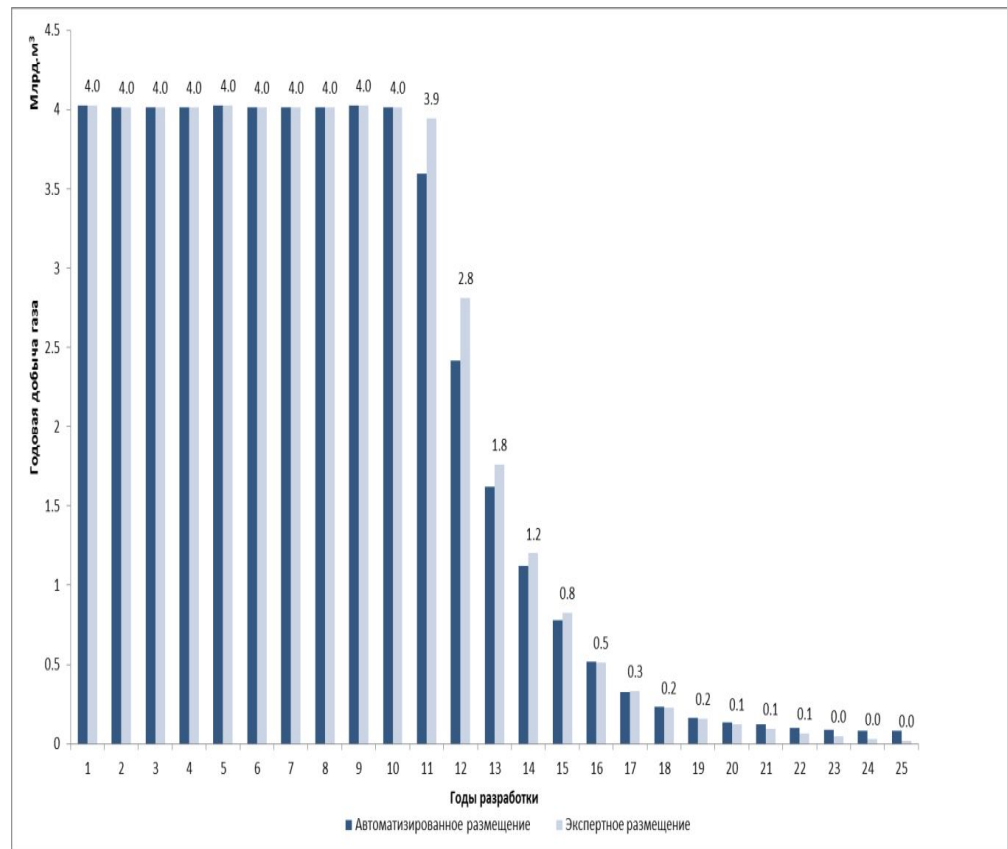
- - Положение кустовой площадки (К-I, II, III, IV) и УКПГ
- ☀ - Положение забоев скважин



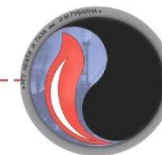
4. Результаты апробации предлагаемых процедур автоматизированного проектирования

Показатели разработки для варианта, полученного с помощью автоматизированных процедур (1), и экспертного варианта (2)

Пласт	Объем накопленной добычи газа, млрд. м ³	Коэфф. извлечения газа, %		
	Варианты			
	1	2	1	2
РК ₂₁₋₁	14.35	14.36	89.24	89.30
АТ ₆₋₇	12.03	12.16	91.69	92.68
ВТ ₅₋₁	5.27	5.34	87.40	88.56
ВТ ₅₋₂	1.99	1.89	80.98	76.83
ВТ ₆₋₂	7.23	7.33	87.42	88.63
ВТ ₇	1.74	1.94	50.29	56.07
ВТ ₉₋₂	2.47	2.50	86.36	87.41
ВТ ₁₀	6.75	6.86	86.65	88.06
по всем пластам	51.83	52.38	86.28	87.20



5. Методы решения задач расстановки скважин ((1)-(5)), размещения кустовых площадок с распределением скважин по кустам ((6)-(10))



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработанный комплекс алгоритмов и программ расстановки скважин, кустовых площадок, УКПГ, распределения скважин по кустам позволяет согласовать между собой проектные решения по разработке и обустройству газовых (газоконденсатных) залежей, что ведет к повышению качества принимаемых на его основе проектных решений;
2. Применение предлагаемых моделей и алгоритмов размещения кустов скважин и УКПГ направлено на максимизацию охвата пласта дренированием, минимизацию затрат на обустройство месторождения, минимизацию потерь пластовой энергии, что ведет к формированию вариантов разработки и обустройства, обладающих высокими значениями технико-экономических показателей эффективности освоения месторождений природного газа.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

