

ГЕОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 622.235

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАРЯДОВ НЕВОДОУСТОЙЧИВЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЛИМЕРНЫХ РУКАВАХ ПРИ ЗАРЯЖАНИИ СКВАЖИН

В. С. Прокопенко, канд. техн. наук (ЗАО «Техновзрыв»)

Висвітлені особливості формування зарядів неводостійких вибухових речовин у полімерних рукавах і зарядження ними свердловин. Аналізується вплив різних факторів на вибір способів і технічних засобів зарядження та на ймовірність поривів рукава і збереження його герметичності у процесі підготовки до зарядження. Наведено результати моделювання процесу формування заряду в скляних трубах.

В 70–80-е гг. в СССР был разработан и испытан ряд способов размещения зарядов взрывчатых веществ (ВВ) в полиэтиленовых рукавах (ПР) при зарядании скважин. В результате многолетних исследований автор пришел к выводу, что применением полиэтиленовой оболочки невозможно полностью изолировать заряд от воды. В настоящей работе в обводненных условиях предлагается использовать рукав не для полной гидроизоляции заряда, а для резкого снижения степени вымывания растворимых компонентов ВВ. В этом случае могут быть использованы ВВ, способные к детонации в водонаполненном состоянии или такие, которые могут блокировать поступление воды через порывы в рукаве, например, за счет резкого набухания специальных компонентов. При этом заряд может целенаправленно наполняться водой из скважины через проколы в оболочке или дозирующие клапаны. Это обеспечивает необходимое уплотнение заряда для его потопления и снижает неблагоприятное технологическое влияние случайного фактора – несанкционированных порывов рукава.

Указанный подход изменяет и оценку действующих факторов при выборе способа зарядания скважины [1].

Опыт зарядания, а также физико-технические особенности действия зарядов, сформированных в рукавах, указывают на то, что при выборе технологии и технических средств зарядания для их массового применения должны быть учтены следующие горнотехнические факторы: возможность формирования зарядов диаметром, равным диаметру скважины и с радиальным зазором; плотность используемых ВВ; глубина и обводненность заряжаемых скважин; возможность ручного и механизированного зарядания; вероятность порывов рукава; производительность зарядания; наличие дополнительного оборудования на заряжаемом блоке пород; климатические условия; допустимая нарушенность заряжаемых скважин; трудоемкость и стоимость выполняемых

работ по заряджанию в полиэтиленовые рукава.

Очевидно, что успех практической реализации принятого способа заряджания и технологии в целом определяется возможностью осуществлять данный процесс в широком диапазоне варьирования приведенных факторов, определяющих условия заряджания при минимальных затратах.

Учитывая высокую концентрацию работ на заряжаемом блоке и ограниченность времени их выполнения, важную роль в успешном внедрении такой технологии играет время заряджания одной скважины и количество рабочего персонала, занятого одновременно при заряджании одной скважины. Об этом свидетельствуют данные хронометража, проведенного с участием автора на разрезе «Междуреченский» (Кузбасс, Россия), двух основных вариантов заряджания в рукава в сравнении с базовым заряджанием граммонита 30/70 непосредственно в скважину (рисунок, кривая 1). В первом варианте рукав с помощью устройства подачи рукава подается в скважину под действием веса ВВ (см. рисунок, кривая 2). Во втором варианте рукав с рулона устанавливается в скважине одним рабочим до засыпки ВВ (см. рисунок, кривая 3). Из приведенных данных следует, что в первом варианте наблюдается существенная зависимость времени заряджания скважин от уровня воды в ней. Это связано с недостаточной скоростью формирования заряда путем впуска воды из скважины. Поэтому технологически приемлемой границей применения этого способа заряджания может быть относительная обводненность скважин, равная 60...70 %. Второй вариант в меньшей степени зависит от уровня воды в скважине, однако длительность заряджания при этом в 2...5 раз больше.

Следует отметить, что при предварительной установке рукава в скважину дополнительным рабочим время засыпки ВВ в скважину практически становится равным базовому. Поэтому в конечном итоге выбор технологического способа определяется исходя из обводненности месторождения, наличия ресурсов по зарядной технике, рабочего персонала и других факторов.

Основные способы заряджания сыпучих ВВ с плотностью, меньшей плотности воды в скважине, приведены в табл. 1. Способы заряджания плотными сыпучими или льющимися ВВ не анализируются, поскольку для этого могут быть использованы практически все изложенные в табл. 1 способы и размещение этих ВВ в скважине в рукаве не является проблематичным.

Кроме производительности и трудоемкости заряджания скважины, важным при выборе способа заряджания является вероятность случайных проколов рукава и влияние этих проколов на процесс формирования заряда и его взрывчатые свойства.

Вероятность порыва рукава оценивалась в процессе всех технологических операций по подготовке пакета рукава и заряджания в него ВВ. Результаты оценки вероятности порыва рукава в процессе предварительной подготовки (укладки в устройство подачи рукава) пакета и его перевозки на блок приведены в табл. 2. Как показывают исследования, применением специальных мер по защите рулона и устройства подачи рукава количество

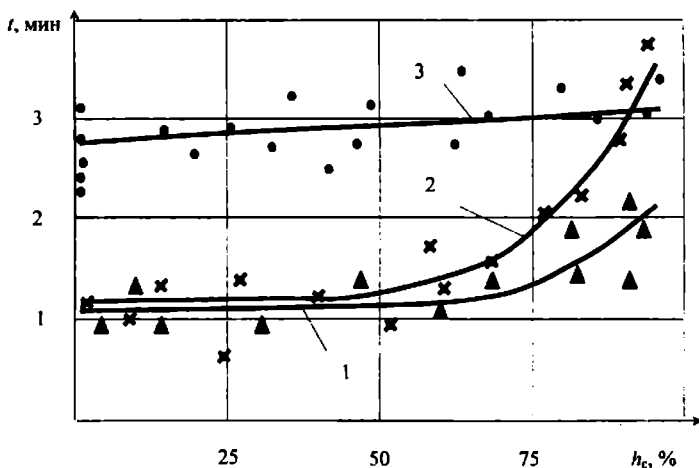


Рис. 1. Зависимость длительности заряжания машины МЗ-4 500 кг ВВ в скважины глубиной 20 м и диаметром 214 мм от обводненности скважин: 1 – граммонит 30/70 без рукава; 2 – граммонит 79/21 в рукаве с впуском воды из скважины; 3 – граммонит 79/21 с 15 % воды в рукаве с предварительным его размещением в скважине

порывов или проколов может быть существенно (в 2...4) раза уменьшено. Однако в условиях массового производства полностью исключить их невозможно. Порывы рукава, связанные с процессом его укладки, определяются конструкцией и уровнем исполнения рабочего органа машины сборки рукавов и могут быть практически исключены.

Вероятность порыва рукава в процессе заряжания изучалась путем бросания или опускания в скважину заряда ВВ массой 30...35 кг, размещенного в рукаве. Контроль целостности рукава в области заряда определялся после его извлечения путем заливки воды (табл. 3).

Из анализа полученных данных следует, что основное количество порывов происходит при подготовительных операциях. При скольжении заряда по стенке скважины, особенно если он не защищен дополнительным слоем рукава («зонтиком»), возможно увеличение в нем количества отверстий, через которые вода будет поступать в рукав. Это приводит к тому, что ВВ будет замочить и в результате фильтрации вымываться. Поэтому при использовании способов заряжания, особенно со скользящим контактом заряда со стенкой скважины, следует учитывать вероятность уменьшения надежности взрыва зарядов и ограничивать диапазон условий применения способов заряжания. Эти ограничения могут быть осуществлены за счет снижения обводненности скважин и выбора применяемых типов ВВ.

Таблица 1. Основные способы зарядки ВВ с плотностью менее 1 т/м³

Способ зарядки	Скользящий контакт рукава со стенками скважины	Направление формирования заряда ВВ	Поведение воды в скважине	Соотношение диаметров рукава и скважины	Способ догрузки ВВ	Условия применения	
						типы ВВ	обводненность скважины
С передвижным рукавом в скважине и формированием заряда от дна скважины			Вытесняется вверх в процессе засыпки ВВ	Рукав любого диаметра	Добавлением 15...30 % воды или раствора	Детонирующие в водонаполненном состоянии	Любая
			Скважина заряжается до начала ее заполнения водой	Рукав любого диаметра	Без догрузки	Любые	До 20...40 %
С открытием стенок скважины рукавом	Нет		Вытесняется вверх из скважины до засыпки ВВ	Диаметр рукава больше диаметра скважины	Без догрузки	Любые	Любая
			Вытесняется вверх в процессе засыпки ВВ	Рукав любого диаметра	Добавлением 10...12 % воды или раствора	Детонирующие в водонаполненном состоянии	Любая
С выворачиванием рукава		Вниз от устья скважины	Частично вытесняется вверх с образованием кольцевой водяной оболочки вокруг заряда	Диаметр рукава меньше диаметра скважины	Добавлением 10...12 % воды или раствора	Детонирующие в водонаполненном состоянии	Любая
С формированием зарядов от устья скважины	Есть			-	Без догрузки	До 40 %	Любая
То же							
То же							

Таблица 2. Результаты испытаний рукава на герметичность в процессе его подготовки к заряданию

Стадия подготовки рукава	Количество рукавов, шт	Длина рукава, м	Диаметр рукава, м	Толщина рукава, мкм	Количество порывов на 1 м длины рукава	Среднее количество порывов на 1 м длины рукава
Полиэтиленовый рукав после хранения на складе в течение трех месяцев	3	24	200	150	0,08	0,55
	5	24,5	200	120	0,1	
	5	27	200	75	0,8	
	3	18	290	75	0,2	
	7	18	200	120	0,4	
	8	20	290	75	0,15	
	3	18	290	75	0,2	
	5	18	290	75	0,03	
	15	18	200	120	0,05	
Укладка рукава в устройство подачи рукава	7	20	290	75	0,03	0,035
	8	18	290	75	0,03	
	5	18	290	75	0,03	
Хранение и перевозка устройства подачи рукава	7	18	200	120	0,5	0,35
	6	20	290	75	0,6	
	3	18	200	75	0,1	

Таблица 3. Результаты испытаний рукава на герметичность в процессе заряжания

Вид испытаний	Количество рукавов, шт	Диаметр рукава, мм	Толщина рукава, мкм	Объем испытаний	Глубина скважин, м	Результаты испытаний
Бросание рукава в скважину	3	290	75	2×3	17,12	Порыв «зонтика» после 2–3 бросаний
	5	200	130	2×2	12,13	
	2	180	180	5×2	17,22	
Опускание рукава по стенке скважины	5	230	130	3×1	12	Порыва нет
	5	200	110	1×2	14	Порыв рукава
	4	290	75	3×2	17,12	Порыва нет
	3	200	130	3×2	13,12	То же
	3	290	75	2×2	12	–
	5	180	180	2×3	17,22	Порыв «зонтика»

Примечания:

1. Рукав диаметром 180 мм использовался в скважинах диаметром 214 мм.
2. 200 мм – в скважинах диаметром 250 мм, остальные – в скважинах диаметром 320 мм.
3. 2×3 – два испытания по три опускания и подъема одного и того же рукава.

Если порывы располагаются равномерно по длине рукава, при обводненности скважин до 50 % следует ожидать замокания 20...30 % зарядов, при обводненности 25 % – около 10 % зарядов.

Значительное улучшение надежности взрывания может быть обеспечено путем применения неводоустойчивых ВВ, способных к детонации в водонаполненном состоянии. К тому же введение в состав ВВ сухих или растворенных веществ, повышающих вязкость образующейся в столбе ВВ жидкой фазы или блокирующих поступление воды в рукав, почти полностью устраняет вредное влияние окружающей воды на заряд.

Процесс формирования зарядов изучался на моделях скважин из стеклянных труб и в натуральных условиях. Стеклянные трубы внутренним диаметром 0,14 м и длиной 1,5 м герметизировались с нижнего торца и устанавливались на грунт. Проводились три серии опытов (табл. 4). В первой серии в трубы засыпался граммамит 79/21 в чистом виде и его смесь с водным раствором сульфанола различной концентрации. На образовавшийся столб ВВ заливалась вода. Во второй серии в трубы предварительно заливалась вода и в нее опускался заряд ВВ в полиэтиленовом рукаве, который размещался в нижней части, с прокалыванием в ней 10 отверстий. В третьей серии опытов дополнительно на высоте 0,5 м от низа прокалывалось еще 10 отверстий. Диаметр заряда составлял 130 мм. Процесс усадки заряда и проникновения воды контролировался через 1 час и через сутки после размещения в трубе всех

компонентов. Во всех опытах сохранялся постоянный объем взрывчатой смеси, равный $11,3 \text{ дм}^3$. Результаты измерений приведены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты моделирования процесса формирования заряда в стеклянных трубах

Концентрация раствора сульфанола, % по массе	Содержание раствора смеси, % по массе	Плотность смеси, кг/дм^3	Начальная высота столба смеси, м	Начальная высота столба воды, м	Высота столба заряда, м		Высота столба раствора селитры в заряде, м		Плотность раствора селитры, кг/дм^3
					через 1 час	через 24 часа	через 1 час	через 24 часа	
Первая серия									
35	10	1,060	0,72	0,72	0,57	0,49	0,57	0,49	1,10
25	10	1,118	0,72	0,72	0,60	0,53	0,21	0,39	1,04
15	10	1,175	0,72	0,72	0,65	0,55	0,16	0,23	1,015
7,5	10	1,260	0,72	0,72	0,61	0,49	0,36	0,49	1,024
7,5	5	1,180	0,72	0,72	0,55	0,48	0,55	0,48	1,06
№	0	0,885	0,72	0,72	0,51	0,46	0,51	0,46	1,15
Вторая серия									
15	10	1,175	0,87	0,40	0,85	0,81	0,04	0,10	1,00
—	0	0,885	0,87	0,40	0,65	0,54	0,62	0,62	1,00
Третья серия									
15	10	1,175	0,87	0,40	0,55/0,23	0,49/0,20	0,14	0,29	1,00
—	0	0,885	0,87	0,40	0,63	0,63	0,70	0,70	1,001

Примечания:

1. Числитель – нижняя часть, знаменатель – верхняя часть заряда.
2. В первой серии опытов плотность раствора над зарядом, во второй и третьей сериях – плотность в трубе вне рукава.

Из анализа результатов измерений и визуальных наблюдений следует:

- 1) введение в граммонит 79/21 около 10 % раствора сульфанола концентрацией 15...25 % повышает плотность заряда до $1,118...1,175 \text{ кг/дм}^3$ и уменьшает растворение и вынос аммиачной селитры из заряда, препятствуя проникновению воды в заряд;
- 2) добавление раствора сульфанола или выпуск воды в заряд, расположенный в рукаве, обеспечивает его беспрепятственное потопление с

вытеснением воды по кольцевому зазору между зарядом и стенкой трубы; при впуске воды в заряд скорость его погружения зависит от скорости проникновения в него воды;

3) в местах расположения отверстий в рукаве образуются зоны с повышенным (до 80 %) содержанием тротила, количество которого равномерно снижается по мере удаления от отверстий, что связано с растворением аммиачной селитры (АС) и выносом водой;

4) вынос селитры из рукава через отверстия практически отсутствует, что объясняется уплотнением заряда и повышенной вязкостью раствора АС;

5) при использовании чистого ВВ уровень раствора в рукаве ниже уровня воды в зазоре между зарядом и стенкой трубы и определяется соотношением плотности раствора селитры и воды и местом расположения отверстий;

6) в области верхней границы раствора АС возможно нарушение сплошности заряда с разделением его на две части.

Нижняя часть заряда со временем уплотняется до монолитного столба с плотностью $1,35...1,45 \text{ кг/дм}^3$ за счет усадки, кристаллизации селитры из раствора и вытеснения лишнего раствора селитры (см. рис. 1). Верхняя часть заряда состоит из исходной взрывчатой смеси (без раствора АС). Промежуток между частями заряда внутри рукава частично заполнен раствором селитры и обжат давлением наружного столба воды. Формирование частей заряда завершается, в основном, через 5...6 часов. В течение 3...5 суток заметных изменений не наблюдается.

При зарядании скважины в натуральных условиях по первому варианту (без догрузки заряда) скорость усадки зависит от уровня воды в скважине, диаметра заряда и веса ВВ. В условиях испытаний при обводненности 40...50 % заряд вначале плавал, не доходя до дна скважины на 1...4 м. В течение 0,5...2 часов происходила усадка заряда. В конечном итоге заряд ВВ полностью садился на дно или не доходил до дна на 0,5...1 м. При небольшой обводненности он практически доходил до дна.

При зарядании по второму варианту (с добавлением раствора сульфанола) или третьему варианту (с впуском воды) заряд ВВ практически полностью доходил до дна скважины.

Во всех случаях после засыпки ВВ в течение 2...3 часов происходило движение заряда, выражавшееся на поверхности блока в утягивании рукава и ДШ.

Длительными (в течение 3...4 суток) наблюдениями установлено, что после завершения процесса формирования заряда он сохраняет свои параметры, в частности высоту колонки ВВ, практически без изменений при любой обводненности скважины.

Резкого снижения потерь ВВ при множественных проколах можно добиться путем введения в состав заряда сухих гелеобразующих компонентов. В табл. 5 приведены данные лабораторных исследований на Бийском олеумном заводе (Россия) влияния порошка загустителя ЗП-2, выпускаемого Павлоградским химическим заводом, на величину потерь столба ВВ в рукаве при множественных проколах в нем в условиях проточной воды.

Таблица 5. Величина потерь зарядов различных ВВ (%) в зависимости от содержания гелеобразователя ЗП-2

Состав, %	Содержание ЗП-2, % сверх общего количества							
	время	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
1. АС-90,5 2. ДТ-1,5 3. УП-3,0 4. П-2-5,0	4 часа	4,95	4,88	5,4	5,4	1,96	1,8	0
	3 суток	-	7,14	-	5,1	3,78	1,6	0,5
1. АС-86,5 2. ДТ-1,5 3. УП-2,0 4. П-2-10,0	4 часа	21,4	14,0	8,6	8,3	2,5	2,2	0,3
1. АС-83,0 2. ДТ-0,5 3. УП-1,5 4. П-2-15,0	4 часа	39,7	25,8	25,7	21,0	15,8	12,2	4,8
1. АС-79 2. П-2-21	4 часа				20,43			17,5
	3 суток	47,0						-

Примечания:

1. Граммонит 79/21 без загустителя (АС – 79 %; П-2 – 21 %) в рукаве, 4 часа – 70,7 %.

2. АС – аммиачная селитра; ДТ – дизельное топливо; УП – угольный порошок; П-2 – чешуируванный тротил.

Из приведенных данных следует, что потери ВВ в заряде за счет вымывания через проколы в рукаве могут быть снижены на порядок и более путем введения в состав веществ, подобных порошку гелеобразователя ЗП-2. Добавление его в количестве 6 % и более практически блокирует поступление воды в заряд и полностью исключает вымывание. Поэтому применение подобных веществ в составе ВВ с учетом их горючих или окислительных свойств может обеспечить надежное взрывание в оболочках простейших взрывчатых составов, способных детонировать только в сухом виде. Подобные составы на стадии лабораторных экспериментов испытаны сотрудниками Павлоградского химического завода совместно с ЗАО «Техновзрыв» в условиях Полтавского ГОКа и показали положительные результаты.

Приведенные результаты свидетельствуют, что при применении полиэтилена в качестве гидроизолирующего материала надежное ведение взрывных работ может быть достигнуто не за счет выбора и разработки какого-либо оригинального способа заряжания, а за счет использования взрывчатых составов, детонирующих в обводненном состоянии или блокирующих поступление воды. При этом рукав является не только гидроизолирующим средством, а, прежде всего, оболочкой, удерживающей необходимую форму

заряда, и эффективным средством защиты от вымывания растворимых компонентов ВВ. В последнем случае его защитных свойств зачастую недостаточно и требуется дополнительная защита путем введения в заряд соответствующих веществ.

Изложенное указывает на то, что выбор способа и соответствующей ему технологии заряжания определяется простотой, универсальностью и производительностью ведения работ на блоке, возможностью применения ВВ простого состава и простой технологии их изготовления. При этом важно, чтобы подготовка самого рукава к заряжанию могла производиться не на блоке, а предварительно в стационарных условиях механизированным способом.

Из перечисленных в табл. 1 способов наиболее полно всем требованиям удовлетворяет способ заряжания через столб воды, осуществляемый с предварительной укладкой рукава в пакет в специальном устройстве подачи рукава, которое обеспечивает регулируемую его подачу в процессе засыпки ВВ.

Кроме отмеченных ранее преимуществ (высокая производительность и низкая трудоемкость ведения работ непосредственно на блоке), этот способ имеет в сравнении с другими ряд технологических преимуществ.

В сравнении со способом заряжания с предварительным размещением рукава в скважине и формированием заряда от дна скважины утяжелением ВВ путем добавления концентрированного раствора селитры этот способ обеспечивает заряжание более широким ассортиментом ВВ, улучшает санитарно-гигиенические условия заряжания, уменьшает количество используемого на блоке оборудования (машина с раствором) или повышаёт степень использования емкости зарядной машины (за счет отсутствия емкости для раствора селитры).

Способ заряжания скважины до появления в ней воды, например вслед за бурением, может быть применен только при малых водопритоках, когда в момент заряжания в скважинах вода отсутствует.

При заряжании с предварительным покрытием стенок скважины полиэтиленовым рукавом на блоке используется дополнительное оборудование (компрессор), снижающее надежность реализации способа. Разделение операций установки рукава и заряжания снижает производительность работ на блоке. При больших водопритоках и интенсивной трещиноватости способ надежно не реализуется, так как вода может сжимать установленный в скважине рукав.

Поскольку рекомендуемый способ предусматривает его реализацию с помощью специальных устройств подачи рукава, то технология заряжания может совершенствоваться за счет использования средств механизации, особенно производительных работ, выполняемых в стационарных условиях.

Технология и средства механизации подготовки рукава принципиально могут быть использованы и для реализации других приведенных способов заряжания [2–3].

Таким образом, согласно разработанной технологии заряжания рукав предварительно в стационарных условиях укладывается в пакет с применением средств механизации, переносится на заряжаемый блок, устанавливается в

устье скважины или на зарядную машину, а затем производится засыпка в него ВВ. При необходимости осуществляется догрузка заряда путем заливки воды или раствора веществ одновременно с подачей сыпучего ВВ или путем впуска воды из скважины в заряд через проколы в рукаве.

Освещенные выше технические и технологические рекомендации по подготовке и заряданию в скважины зарядов ВВ в полимерных рукавах успешно внедряются в практику взрывных работ.

1. *Комплекс технических решений по технологии и средствам взрывной подготовки горной массы* / А. Т. Галимуллин, В. С. Прокопенко, Ю. В. Грибков, А. К. Баженов, Ю. Н. Часнык, Л. М. Заболотный // Научно-технические достижения и передовой опыт в угольной промышленности. – М.: ЦНИЭИУголь. – 1980. – С. 8–9.

2. *А.с. 122318 СССР, МКИ F 42 В 3/20. Устройство для зарядания обводненных скважин неводоустойчивыми взрывчатыми веществами* / В. С. Прокопенко, М. И. Абарбарчук, В. Я. Закиев (СССР). – № 3633476; Заявлено 12.08.83. – 3 с.

3. *А.с. 141925 СССР, МКИ F 42 В 3/04. Устройство для дозированной подачи скважинной воды в заряд ВВ* / В. С. Прокопенко, А. А. Анищик, А. Т. Галимуллин, Г. С. Бутейко, Л. М. Заболотный (СССР). – № 4002672; Заявлено 4.01.86. – 4 с.

УДК 622.276:622.235

БЕЗОПАСНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДОБЫЧИ ПОДЗЕМНЫХ ФЛЮИДОВ

*Ю. И. Войтенко, докт. техн. наук, Л. А. Митюк, канд. техн. наук,
(ННИИОТ)*

Наведено результати промислових випробувань вибухової та ударно-депресійної технології видобування підземних флюїдів. Намічені шляхи їхнього вдосконалення.

При освоении продуктивных пластов после окончания строительства скважины, при переходе на другой продуктивный горизонт после ее капитального ремонта или в процессе эксплуатации часто требуется не только вскрыть пласт перфорацией, но и увеличить эффективный радиус скважины для повышения ее производительности. В настоящее время разработаны и испытаны различные импульсные методы увеличения проницаемости пород с целью интенсификации гидродинамических процессов вокруг скважины. Конкурируя между собой по экономическим показателям, они практически всегда дают различные результаты в идентичных условиях. Основная причина