

УДК 624.24.05

А.А. Хруцкий

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБТЕКАНИЯ ШТЫРЕВОЙ КОРОНКИ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ ПРИ БУРЕНИИ В СРЕДЕ COSMOSFLOWWORKS

Розглянуто використання потужного розрахункового пакету COSMOSFloWorks для вирішення прикладної задачі про обтікання корпусу штиривої коронки стислим повітрям під час буріння свердловини.

Рассмотрено применение мощного расчетного пакета COSMOSFloWorks для решения прикладной задачи об обтекании корпуса штыревой коронки сжатым воздухом при бурении скважины.

In the article application of powerful calculation package of COSMOSFloWorks is examined for the decision of the applied task about flowing around by the compressed air of button bit corps in the process of well-boring.

При разработке методики проектирования бурового инструмента важным вопросом является обеспечение нормального удаления продуктов разрушения из призабойной зоны.

Для штыревого инструмента этот вопрос приобретает особое значение, так как количество и крупность шлама увеличивается по сравнению с лезвийным.

Очевидно, что недостаточная очистка забоя при бурении приводит к снижению скорости бурения, излишним затратам энергии и преждевременному износу бурового оборудования.

Как отмечают отечественные и зарубежные авторы, занимавшиеся вопросами выноса шлама при бурении погружными пневмоударниками, Б.А. Катанов, Э.Х. Мехтиев, М.Р. Мавлютов, В.А. Перетолчин, Е.И. Стетюха, С.С. Сулакшин, существующие методы расчета параметров очистки скважины основаны на обеспечении транспортирования шлама по стволу скважины потоком газообразного или жидкого промывочного агента без учета эффективности очистки призабойной зоны от частиц шлама.

Целью математического моделирования является анализ и выявление основных закономерностей влияния геометрии рабочей части коронки на протекание сжатого воздуха в призабойной зоне.

Скомбинировав факторы и отбросив заранее нефункциональные схемы, нами предлагаются к рассмотрению 10 схем корпусов (табл. 1).

В ходе исследования были приняты следующие допущения: а) для исследований принята модель с неподвижной коронкой, поскольку величина отскока реальной коронки очень мала (1-2 мм); б) при расчете не учитывалось влияние неровности забоя, стенок скважины и наличия штырьков на рабочей поверхности коронки; в) расход сжатого воздуха был принят постоянным, соответствующим расходу погружного пневмоударника П-105 – 0,093 м³/с.

В дальнейшем проверка результатов аналитического исследования опытным путем на стенде подтвердила правомочность таких допущений.

Варьируемые факторы – тип корпуса коронки. Рассматриваемые схемы: плоский корпус и с выемкой; схема расположения продувочных каналов. Рас-

сматриваемые схемы: два осевых канала; осевой центральный под углом; осевой и радиальный; схема взаимного расположения продувочных каналов и пазов. Рассматриваемые схемы – прямое расположение (каналы располагаются напротив пазов) и смещенное.

Математическое моделирование протекания сжатого воздуха в призабойной зоне выполнялось с использованием пакета COSMOSFloWorks.

Пакет COSMOSFloWorks основан на усовершенствованной системе вычислительной гидродинамики (CFD) и позволяет анализировать широкий диапазон комплексных потоков с использованием метода конечных разностей. Данным методом решаются задачи вычисления значений физических величин скалярного или векторного типа на множестве точек некоторой сплошной среды. В качестве пространственной области выступает модель участка призабойного пространства с коронкой (см. табл. 1).

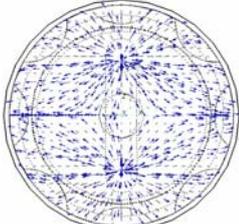
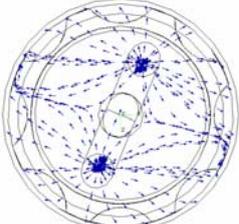
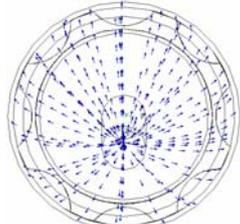
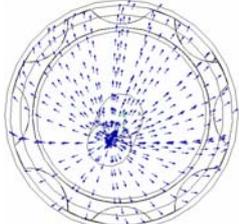
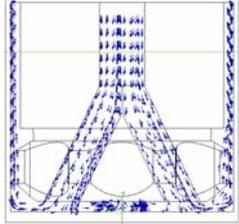
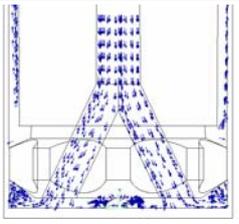
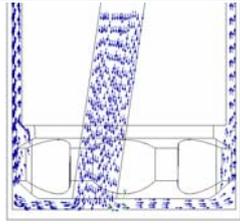
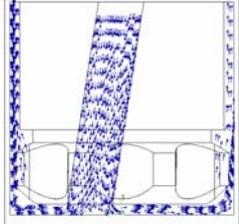
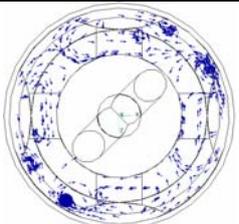
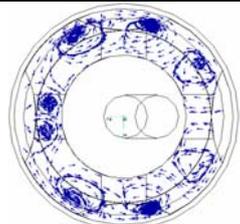
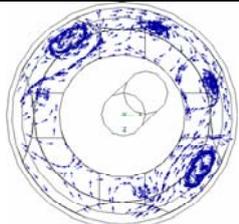
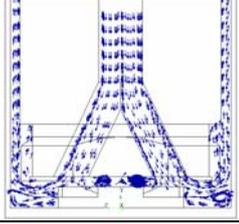
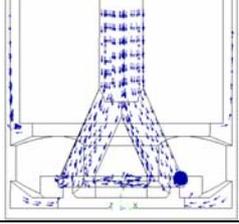
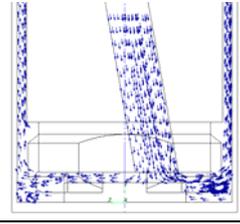
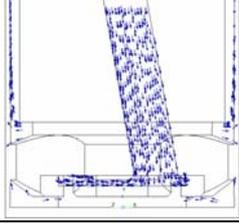
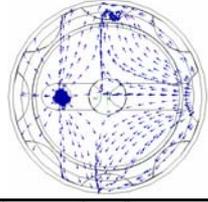
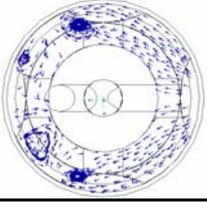
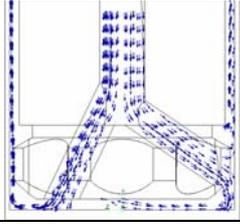
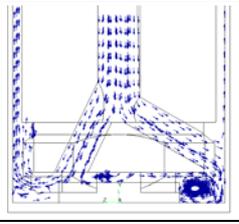
Данная задача в контексте COSMOSFloWorks рассматривается как расчетная область (Computational Domain) с внутренним потоком (Internal Flow). К внутренним потокам выдвигается следующее требование – все отверстия должны быть закрыты крышками. Это требуется в силу того, что входные и выходные граничные условия в COSMOSFloWorks определяются только на поверхностях, контактирующих с жидкостью.

Все расчетные схемы (см. табл. 1) были построены в среде SolidWorks с учетом требований, выдвигаемых пакетом COSMOSFloWorks.

Далее при определении начальных условий использовался встроенный мастер COSMOSFloWorks для создания проектов.

Для каждой схемы был создан проект со следующими начальными условиями: система единиц – система СИ; тип анализа – внутренний, установившееся течение; тип жидкости – газ, воздух; тип течения – ламинарное и турбулентное с высоким числом Маха (сверхзвуковое); точность решения, определяющая размер ячеек сетки – 3 и 4. Остальные параметры приняты по умолчанию.

Результаты исследования

	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
Вид сверху				
Сечение по каналам				
Корпус	Плоский корпус с двумя осевыми каналами, имеющими прямое расположение	Плоский корпус с двумя осевыми каналами, имеющими смещенное расположение	Плоский корпус с одним осевым каналом, имеющим прямое расположение	Плоский корпус с одним осевым каналом, имеющим смещенное расположение
	Схема 5	Схема 6	Схема 7	Схема 8
Вид сверху				
Сечение по каналам				
Корпус	Корпус с выемкой с двумя осевыми каналами, имеющими прямое расположение	Корпус с выемкой с двумя осевыми каналами, имеющими смещенное расположение	Корпус с выемкой с одним осевым каналом, имеющим прямое расположение	Корпус с выемкой с одним осевым каналом, имеющим смещенное расположение
	Схема 9		Схема 10	
Вид сверху				
Сечение по каналам				
Корпус	Плоский корпус с осевым и радиальным каналами, имеющими прямое расположение		Корпус с выемкой с осевым и радиальным каналами, имеющими прямое расположение	

Далее определялись граничные условия. Область втекания газа характеризуется объемным расходом газа: $Q = 0,093 \text{ м}^3/\text{с}$. Область вытекания характеризуется атмосферным давлением: $p = 101325 \text{ Па}$. Остальные грани являются нейтральными и характеризуются нулевой скоростью движения газа: $u_x = 0$; $u_y = 0$; $u_z = 0$.

Заданная область при решении задачи разбивается сеткой. Величина ячеек сетки выбиралась таким образом, чтобы получить наибольшую точность решения, не увеличивая при этом время решения и затрачиваемые ресурсы. Адекватность принятых сеток и соответственно точности решения оценивались с помощью правила Рунге.

Для этого каждая схема решалась с сеткой 3 уровня точности и с сеткой 4 уровня точности.

Выборанный уровень точности сеток всех схем согласно правилу Рунге достаточен. Доверительный интервал 95%.

Результаты моделирования представлены в табл. 1 в виде векторных полей скорости сжатого воздуха в призабойной зоне.

Полученные данные проанализированы на предмет нахождения зон завихрений, препятствующих нормальному оттоку промывочного агента из призабойной области и зон с минимальной скоростью движения потока сжатого воздуха. Также рассматривался путь, проходимый потоком сжатого воздуха, от продувочного канала до пазов для выноса шлама. Анализ проводился исходя из величины и направления векторов скорости потока и линий тока. Для этого в каждой схеме в призабойной области были выбраны 200 точек.

Во всех рассмотренных случаях в схемах с корпусом с выемками имеются значительные зоны завихрений (см. табл. 1, схемы 5-8, 10).

Схемы с плоским корпусом характеризуются меньшими зонами завихрений и более равномерным течением потока газа (см. табл. 1, схемы 1-4, 9).

В ходе анализа полученных результатов было установлено, что при нескольких продувочных каналах (схемы с двумя осевыми и схемы с одним осевым и одним радиальным каналами) во всех случаях образуется зона столкновения двух потоков, в которой скорость потока снижается, что может приводить к скоплению бурового шлама (см. табл. 1, схемы 1, 2, 5, 6, 9, 10).

Наиболее благоприятными, с точки зрения минимального числа завихрений, изменений направления потока и наименьшего пути, проходимого потоком от продувочного канала до пазов для выноса шлама, являются схемы с одним осевым каналом (см. табл. 1, схемы 3, 4, 7, 8).

Протекание сжатого воздуха при прямом и смежном взаимном расположении промывочных каналов и пазов для выноса шлама незначительно отличаются друг от друга.

На рис. 1 представлены диаграммы максимальных скоростей потока в призабойной зоне для схем с плоским корпусом и для схем с корпусом с выемкой.

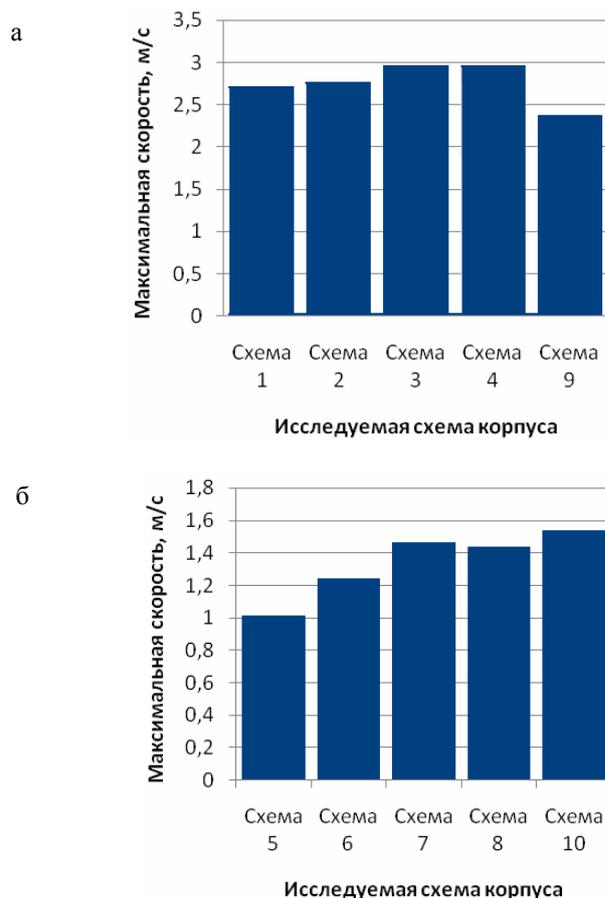


Рис. 1. Максимальные скорости потока в призабойной зоне: а – для схем с плоским корпусом; б – для схем с корпусом с выемкой.

Как видно из представленных диаграмм, максимальная скорость потока в призабойной зоне для схем с плоским корпусом практически в 2 раза выше, чем для схем с корпусом с выемкой. Причем среди схем с плоским корпусом наибольшая скорость у схем с одним осевым каналом (см. рис. 1, схемы 3, 4), наименьшая – у схем с одним осевым и одним радиальным каналами (см. рис. 1, схема 9). Для схем с корпусом с выемкой наибольшая скорость у схемы с одним осевым и одним радиальным каналами (см. рис. 1, схема 10), а наименьшая – у схем с двумя осевыми каналами.

На рис. 2 представлены графики распределения скорости потока в призабойной зоне для схем с плоским корпусом и для схем с корпусом с выемкой.

Из представленных графиков видно, что в схемах с плоским корпусом имеют место более скоростные потоки, чем в схемах с корпусом с выемкой – в большем количестве точек наблюдается высокая скорость потока.

Для схем с плоским корпусом наименьшие потери скорости потока наблюдаются в схемах с одним осевым каналом (см. рис. 2, а, схемы 3, 4).

Для схемы корпуса с выемкой наилучшей, с точки зрения минимальных потерь скорости потока, является схема с одним осевым и одним радиальным каналами (см. рис. 2, б, схема 10). В остальных схемах распределение скоростей аналогичное.

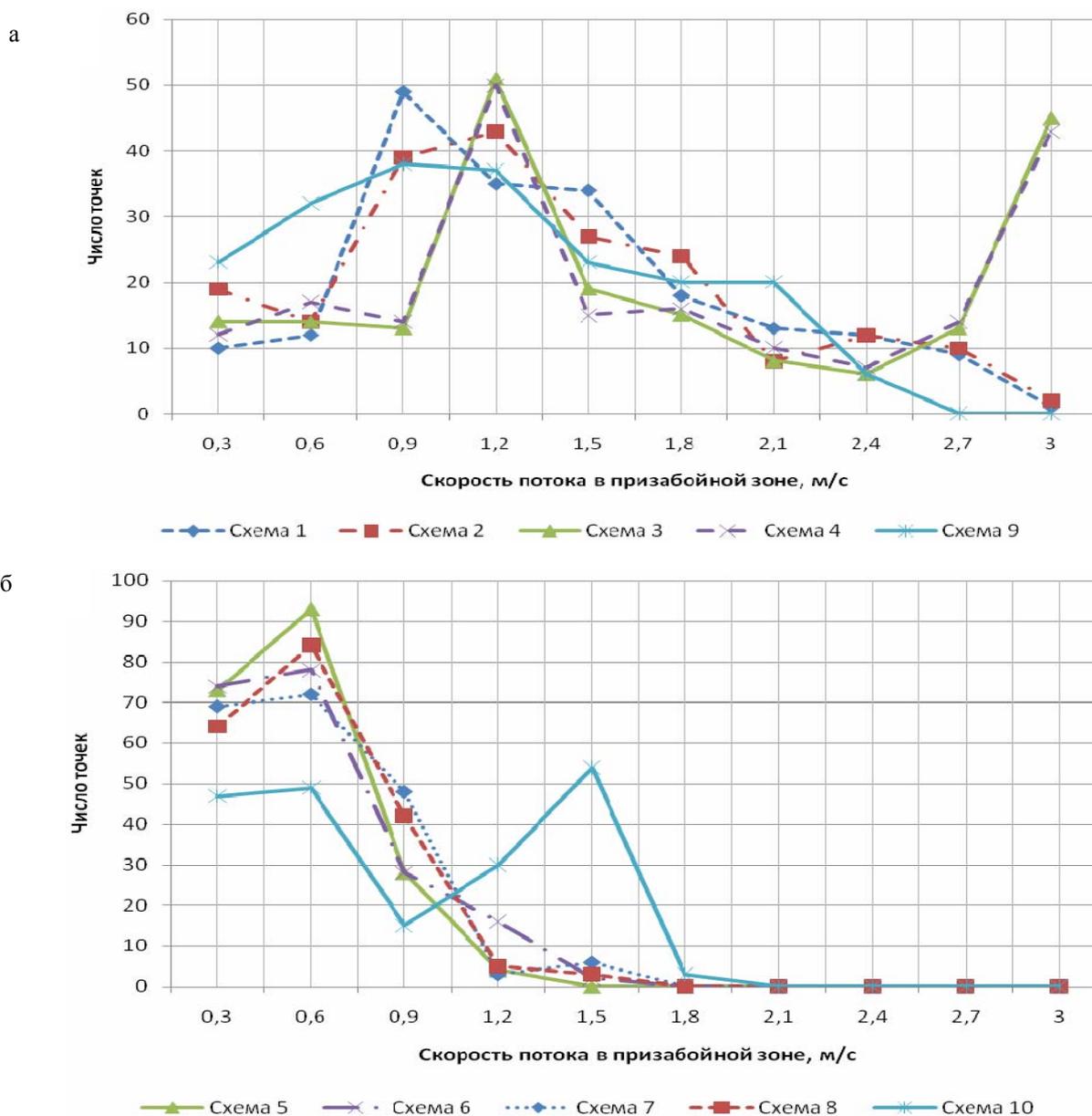


Рис. 2. Распределение скорости потока в призабойной зоне: а – для схем с плоским корпусом; б – для схем с корпусом с выемкой

Выводы

Проведенное аналитическое исследование влияния геометрии штыревой коронки на процесс протекания сжатого воздуха в призабойной зоне позволило определить сочетания исследуемых геометрических элементов, дающие наименьшие потери скорости потока, отсутствие зон завихрений, препятствующих потоку продувочного агента. Наиболее эффективна схема с плоским корпусом и с одним осевым каналом с прямым и смещенным взаимным расположением продувочных каналов и пазов.

Все рассмотренные схемы корпуса с выемками показали свою неэффективность – имеются значительные зоны завихрений, скорость потока в призабойной зоне ниже в 1,5-2 раза по сравнению со схемами с плоским корпусом.

Установлено, что при нескольких продувочных каналах (схемы с двумя осевыми и схемы с одним осевым и одним радиальным каналами) во всех случаях образуется зона столкновения двух потоков с низкой скоростью и завихрениями, что может приводить к скоплению бурового шлама.

Все полученные результаты математического моделирования процессов, протекающих в призабойной зоне, носят качественный характер и являются априорной информацией для проведения дальнейших экспериментальных исследований.

Задачами дальнейших исследований и разработок являются экспериментальное и практическое подтверждение полученных результатов и создание методики проектирования штыревых коронок с улучшенной очисткой скважины.

Список литературы

1. Шан Тику. Эффективная работа Solid Works 2004. – Санкт Петербург, 2005. – 234 с.
2. Прохоренко В.П. Solid Works. Практическое руководство. – М.: Би нон, 2004. – 185 с.
3. Дударева Н., Загайко С.А. Самоучитель SolidWorks 2007. – Санкт-Петербург: БХВ – Петербург, 2007. – 352 с.

4. Сологуб А.В., Сабирова З.А. SolidWorks 2007 технология трехмерного моделирования. – Санкт-Петербург: БХВ – Петербург, 2007. – 352 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 15.09.09

УДК 621.515:536.662.004.82:620.92

М.В. Радюк

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ВОЗДУШНЫХ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

Розроблено схему когенераційної утилізації тепла турбокомпресорів з метою вироблення електроенергії за допомогою теплосилової установки, що працює на низькокиплячих робочих тілах. Визначено умови, при яких вироблення електроенергії буде максимальним.

Разработана схема когенерационной утилизации тепла турбокомпрессоров с целью выработки электроэнергии с помощью теплосиловой установки, работающей на низкокипящих рабочих телах. Определены условия, при которых выработка электроэнергии будет максимальной.

Cogeneration waste heat utilization scheme for turbocompressors for electricity generation by means of the power plant operating on low-boiling working fluids is developed. Maximum electricity generation conditions are determined.

На рудных и газообильных угольных шахтах воздушные компрессорные станции являются одними из наиболее мощных потребителей электроэнергии, поэтому энергетическая эффективность этих предприятий во многом зависит от эффективности производства и расходования сжатого воздуха. Существенным резервом в повышении эффективности выработки сжатого воздуха является утилизация тепла, отводимого при его сжатии. Известны технические решения по использованию этого тепла для нужд предприятий, в частности, для систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) [1, 2]; для нагрева в зимнее время воздуха, поступающего в шахту [3]; для генерации пара хладагента в абсорбционных холодильных машинах [3, 4].

Недостаток этих технических решений состоит в том, что потребность в их применении носит сезонный характер, или же ограничивается наличием на шахтах установок кондиционирования воздуха с абсорбционными холодильными машинами.

С этой точки зрения перспективной представляется когенерационная технология круглогодичной утилизации этого тепла, состоящая в преобразовании его в электроэнергию и тепло с температурным потенциалом, достаточным для использования в системе горячего водоснабжения (ГВС) предприятий.

Целью настоящих исследований является разработка схемного решения теплоутилизационной установки и определение основных энергетических показателей ее эффективности.

Исследование проведено для условий турбокомпрессоров К-260-61, широко применяющихся на горных предприятиях. Схема турбокомпрессорной установки с когенерационной утилизацией тепла, отводимого от сжатого воздуха, приведена на рис. 1.

Воздух, сжимаемый в турбокомпрессоре ТК, охлаждается в двух промежуточных воздухоохладителях ПВО1, ПВО2 и конечном КВО.

С целью повышения температурного потенциала утилизируемого тепла эти воздухоохладители, в отличие от типовых, предполагается выполнить двухсекционными. Первая по ходу движения воздуха секция включается в систему утилизации тепла, а вторая, служащая для окончательного охлаждения воздуха, включается в существующую типовую систему охлаждения. Преобразование тепла в электроэнергию осуществляется с помощью теплосиловой установки (ТСУ), работающей на низкокипящем рабочем теле (НРТ). Такие установки получают в настоящее время все более широкое распространение при использовании низкопотенциального бросового тепла и тепла геотермальных источников [5-7]. Основными элементами ТСУ являются турбина Т, конденсатор К, подогреватель сетевой воды (ПСВ), насосы Н1, Н2 и парогенератор, роль которого исполняют утилизационные секции воздухоохладителей (ВО).

Цикл изменения состояния НРТ в установке изображен на рис. 2.