

## Тестирование нейтронных счетчиков СНМ 56М и СНМ 67Э производства ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор»

*В.Г.Черменский ООО «Октургеофизика», В.А.Велижанин ООО «Нефтегазгеофизика»,  
А.А.Коцеев, С.П.Коньшев ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор»*

Возникшую на рынке скважинного приборостроения для нефтегазовой отрасли ситуацию с нейтронными счетчиками СНМ 56, СНМ 67, СНМ 80 можно охарактеризовать как тревожную – производства, традиционно выпускающие данные типы счетчиков еще с советских времен, в силу определённых технических причин практически не работают. Те небольшие количества продаваемых счетчиков, которые еще можно получить у некоторых компаний-поставщиков из «старых» запасов, зачастую имеют низкое качество и не соответствуют требованиям, предъявляемым к данному типу продукции. Данная статья посвящена исследованиям счетчиков СНМ 56М и СНМ 67Э, произведенным на ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» (далее ЭХП) и появившемся на отечественном рынке в 2012г. Во избежание недоразумений в данной статье к названиям счетчиков, произведенным на ЭХП приписывается буква "М" для счётчика СНМ 56, буква "Э" для счётчика СНМ 67, в то время как счетчики «советского» производства маркируются без индексов.

Внешний вид счетчиков СНМ 56М, СНМ 67Э отличается от внешнего вида «классических» счетчиков СНМ (Рис.1). Наиболее характерное отличие – исполнение анодного и катодного выводов в виде лепестков у счетчиков, производимых на ЭХП. Для счетчиков, предназначенных к применению в скважинной геофизической аппаратуре, это удобно.



Рис.1. Внешний вид счетчиков СНМ 56 (вверху) и СНМ 56М (внизу).

Партия серийно выпускаемых ЭХП счетчиков СНМ 56М и СНМ 67Э была проверена на стенде в режимах работы счетчиков в «коронном» разряде и пропорциональном. На рис.3 и 4 приведены, соответственно, принципиальные схемы блока высокого напряжения питания счетчиков (БВН) и блока сбора информации (БСИ), включающего усилитель входных сигналов, счетные устройства, интерфейс и узел управления дискриминатором нижнего уровня (ДНУ) и БВН.

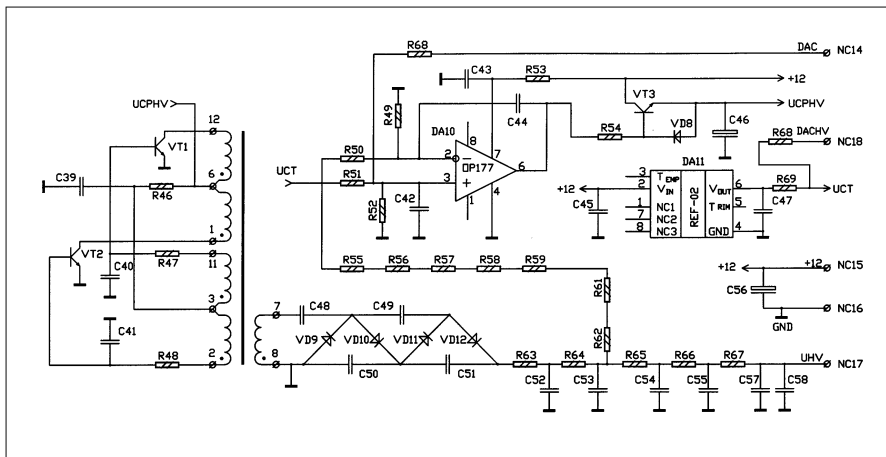


Рис. 3. Принципиальная схема БВН.

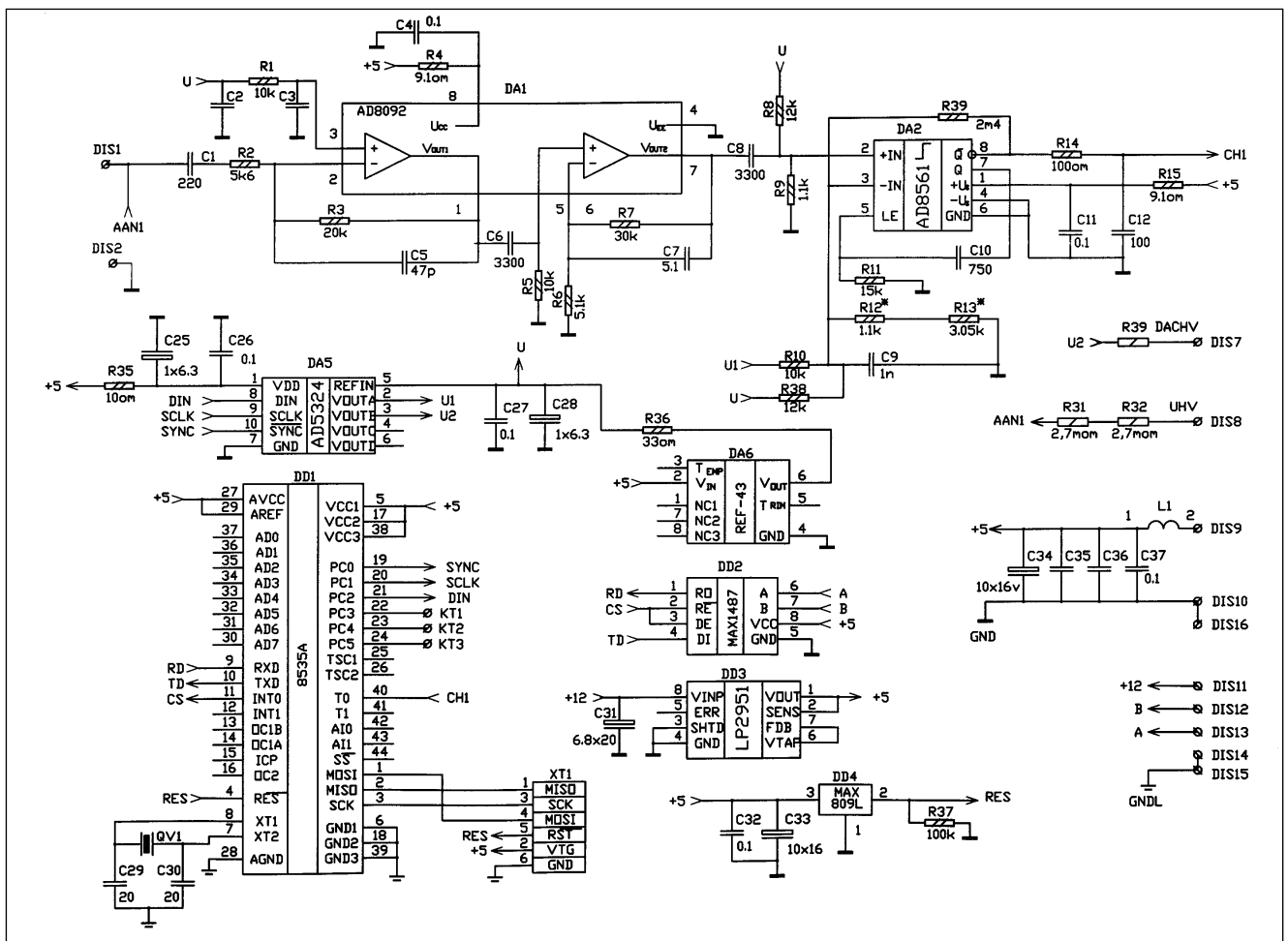


Рис.4. Принципиальная схема БСИ.

Данные схемы были применены при описанных ниже исследованиях и аналогичны применяемым в скважинных приборах. По линии АВ (DIS 12, DIS13 схемы рис.4) поддерживается связь с компьютером через преобразователь RS485 в USB, цифроаналоговый преобразователь DA5 уровнем напряжения на линиях U1 и U2 задает значение ДНУ и высоковольтного напряжения питания счетчиков. Сосчитанные импульсы со счетчиков и служебная информация (температура окружающей среды, значения ДНУ и напряжения питания счетчиков, время набора и т.д.) записывались в Lis-файл для дальнейшего анализа и обработки.

Проверка напряжения зажигания коронного разряда счетчика в процессе испытаний проводилась визуально по осциллографу в соответствии с ГОСТ-22988.2-78. Далее выставлялось рабочее напряжение из паспорта счетчика и на разных уровнях ДНУ при облучении счетчика нейтронами Pu-Be источника с выходом  $10^5$  н/сек, расположенного в замедлителе, регистрировалась скорость счета импульсов со счетчика. Потом счетчик

нагревался и опять снималась зависимость скорости счета от положения ДНУ. Естественно, геометрия измерений во время проведения исследований оставалась неизменной. Технология проверки счетчика на температурную стабильность показана на примере счетчика СНМ 67Э № 0566-1204 (Таблица 1). Время набора статистики 1 минута. Напряжение питания 1700В.

Таблица 1

ДНУ (мВ)	Счет 20°С (имп/мин)	Счет 120°С (имп/мин)	Счет 180°С (имп/мин)	Фон 20°С (имп/мин)	Фон 180°С (имп/мин)
32	286770	325988	292515		257000
37	126810	139099	119817		95000
42	101480	110800	95327	79880	53300
46	60947	64565	57251	17000	29445
50	37815	39320	35948	7200	4968
57	34810	34958	33524	1900	2000
60	33089	32759	32458	700	1000
63	31715	31433	31240	300	976
66	30867	30667	30477	130	452
70	29325	29182	28808	35	50

Зарегистрированные значения скоростей счета при различных значениях ДНУ на разных температурах окружающей среды пересчитываются в % отклонения (положительные или отрицательные) относительно аналогичных скоростей счета при нормальных условиях (НУ, T=20°С) и строятся в виде графиков (Рис.5).

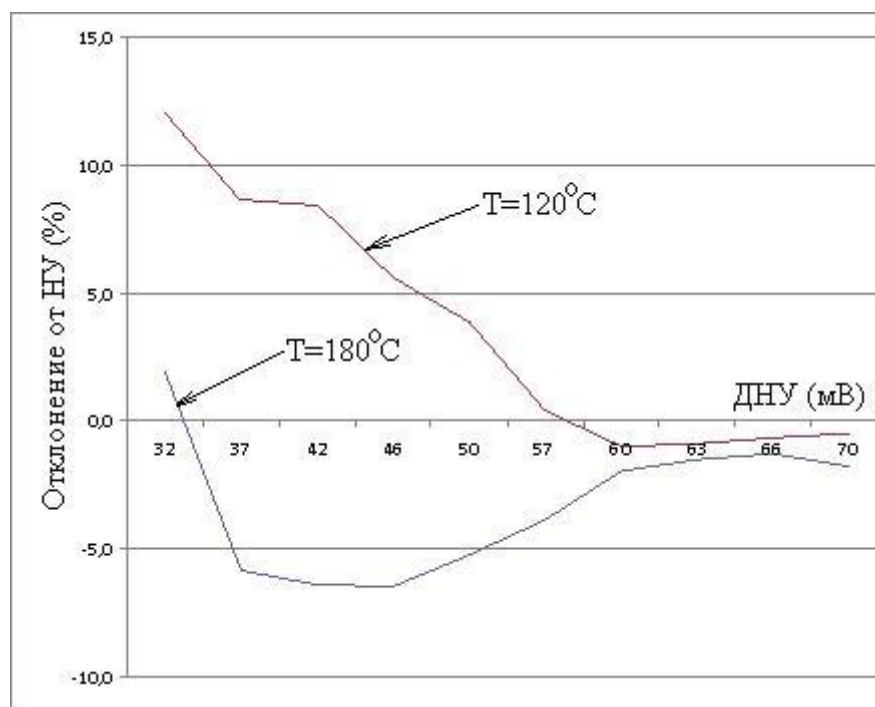


Рис. 5. Отклонения от НУ скорости счета нейтронов (в %) при различных значениях ДНУ и температуре окружающей счетчик среды.

Анализ полученных графиков позволяет сделать вывод, что после прогрева счетчика значение ДНУ на уровне 70мВ удовлетворяет температурной стабильности (не более 2% в

диапазоне изменения температур от 20°C до 180°C). На этом значении ДНУ стандартным образом снимается плато счетной характеристики счетчика от питающего высокого напряжения и при ее протяженности не менее 400В лабораторная проверка счетчика заканчивается. Данный счетчик признается годным для применения в аппаратуре НК при его эксплуатации в режиме «коронного» разряда.

Необходимо отметить, что при прочих равных условиях (одна и та же регистрирующая схема) значение ДНУ, при котором счетчик по своим характеристикам признается годным к применению в аппаратуре НК, на счетчиках СММ 67Э производства ЭХП в 1,5-2 раза выше, чем на счетчиках «советского» производства. На экране осциллографа это выглядит как один и тот же процесс, но при различных коэффициентах усиления (Рис 6, 7). Осциллограммы, приведенные ниже, сняты верхним лучом на выходе 7 DA1 БСИ по переменной составляющей, нижним лучом на выходе 8 DA2 БСИ. Синхронизация по нижнему лучу.

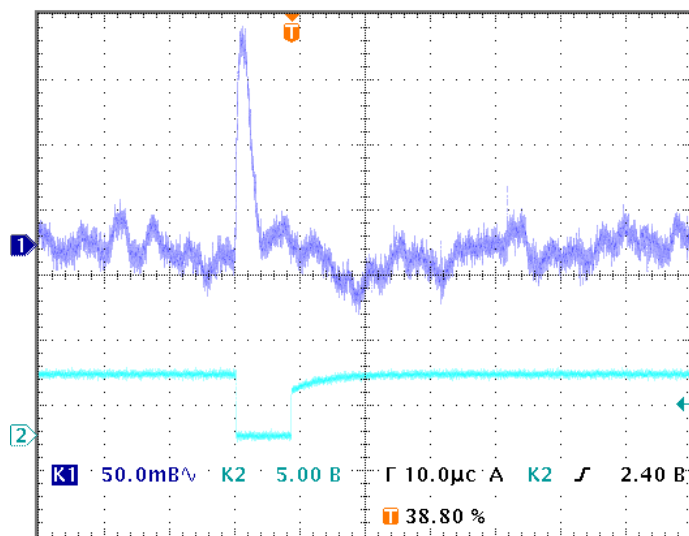


Рис.6. Вид полезного сигнала на фоне «короны» счетчика СММ 67 (счетчик «советского» периода).

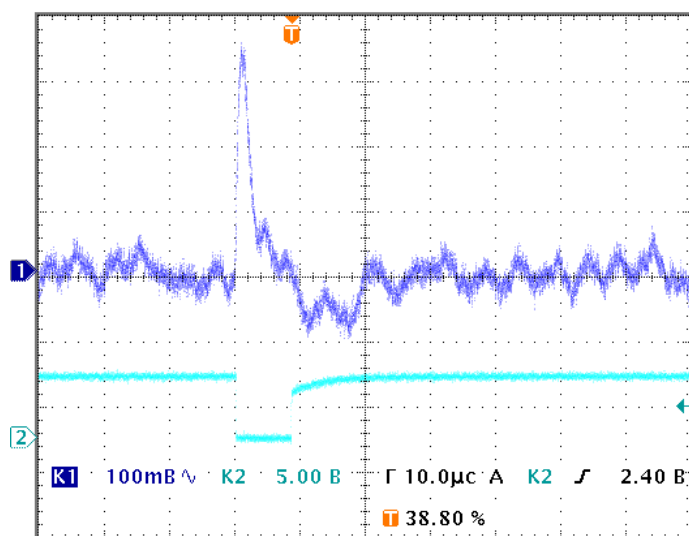


Рис.7. Вид полезного сигнала на фоне «короны» счетчика СММ 67Э (счетчик производства ЭХП).

Объяснением этому может служить различие в конструкции счетчиков, например, различный диаметр нити анода и т.д.

Для выяснения, остается ли с применением счетчиков с повышенным значением ДНУ зонд скважинного прибора лежать на палетках, полученных ранее на счетчиках «советского» производства, были проведены модельные работы. Технология проверки счетчика на моделях показана на примере счетчика СНМ 56М № 0197-1203 (Таблица 2). Испытания проводились в составе скважинного прибора АПРК-5 (серийно выпускается с 2004 г. в ООО "Нефтегазгеофизика"), на котором при выпуске аппаратуры изначально был установлен счетчик СНМ 56 с условным номером 1 и прибор прошел метрологическую проверку на моделях пористости. Статистическая погрешность измерений (с источником) менее 1%. Напряжение питания счетчиков +1800 В. Изменялся только ближний счетчик (малый зонд МЗ). Дальний счетчик оставался постоянным. Для сравнения приведены данные калибровок приборов АПРК-5, выпущенных в 2007 и 2009 г. (Выбор приборов случаен, условные номера счетчиков 2007 и 2009).

Таблица 2.

Счетчик	Измерение	БЗ	У.Е.	МЗ	У.Е.	Примечание
СНМ-56М №0197	Фон	12		39		Лучшее соответствие ранее выпущенным приборам
	Вода	1232		26665		
	ИПП1	43635	35.4	133713	5.01	
	ИПП2	14387	11.7	89481	3.35	
	ИПП3	3170	2.57	46089	1.73	
СНМ-56 №1	Фон	14		15		
	Вода	1276		29989		
	ИПП1	43442	34.0	141884	4.73	
	ИПП2	14342	11.2	95226	3.17	
	ИПП3	3259	2.55	50120	1.67	
СНМ-56 №2007	Фон	1		30		
	Вода	1591		29252		
	ИПП1	55067	34.6	147061	5.05	
	ИПП2	18259	11.5	97218	3.32	
	ИПП3	4005	2.52	50067	1.71	
СНМ-56 №2009	Фон	16		30		
	Вода	1586		28200		
	ИПП1	53494	33.7	143230	5.06	
	ИПП2	17747	11.2	94422	3.34	
	ИПП3	3927	2.48	48182	1.70	

Вывод: Счетчик нейтронов СНМ 56М №0197-1203, установленный в аппаратуру АПРК-5, ложится на палетку в пределах заданных допусков.

Результаты проверки партии счетчиков СНМ 56М и СНМ 67Э по описанным выше методикам показали следующие результаты. Начиная с весны 2012г. счетчики производства ЭХП в основной своей массе соответствуют требованиям, предъявляемым к счетчикам,

устанавливаемым в скважинную аппаратуру НК для определения водородосодержания. Счетчики включаются в режиме "коронного" разряда. Определяемые для каждого счетчика значения ДНУ позволяют проводить его эксплуатацию с сохранением палеточных зависимостей, рассчитанных для скважинных приборов ранее (проверено на скважинных приборах РК производства ООО «Нефтегазгеофизика» г.Тверь). Отбраковка счетчиков по критерию температурной стабильности ( $\pm 3\%$  в диапазоне изменения температур от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $180^{\circ}\text{C}$ ) не превысила 20%.

Одновременно с испытаниями счетчиков в режиме работы «коронного» разряда все счетчики были так же испытаны на работу в режиме пропорционального счета. Ниже приведен пример тестирования счетчика СНМ 67Э № 0566-1204 (ранее приведено описание результатов его тестирования в режиме работы "коронного" разряда). На рис. 8 показан внешний вид сигнала со счетчика, включенного в данном режиме.

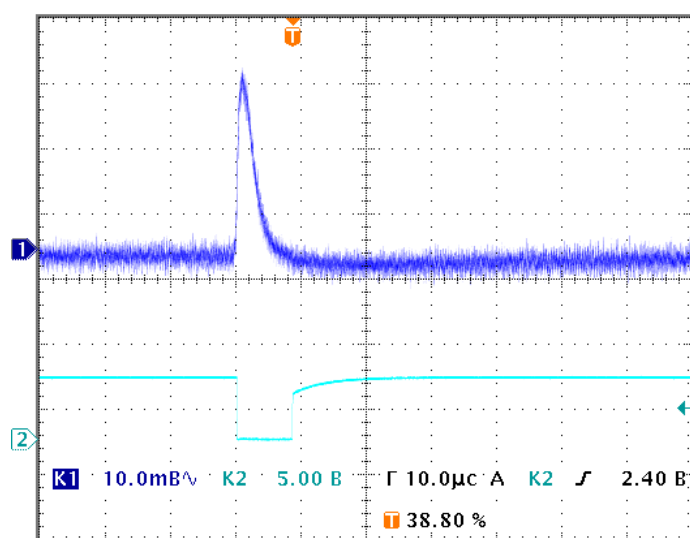


Рис. 8. Внешний вид полезного сигнала при работе счетчика в пропорциональном режиме.

При подключении осциллографа наводки по «земле» и на измерительных шнурах оказались соизмеримы с нижним пределом измеряемых величин (сигналы и значения ДНУ), поэтому в дальнейшем все значения приведены по откалиброванным данным БСИ. На рис. 9 и 10 приведены, соответственно, интегральный и дифференциальный спектры сигналов со счетчика, включенного в режиме пропорционального счета при его питании +1228В. Регистрация интегрального спектра проводилась путем изменения значения ДНУ от 1мВ до 120мВ. Статистика измерений не хуже 1%. Дифференциальный спектр получен путем расчета из интегрального спектра. Шумы системы «схема+счетчик» начинались при значении ДНУ ниже 1.1мВ. При более высоких значениях ДНУ регистрируемый фон в отсутствие нейтронного источника равен практически нулю.

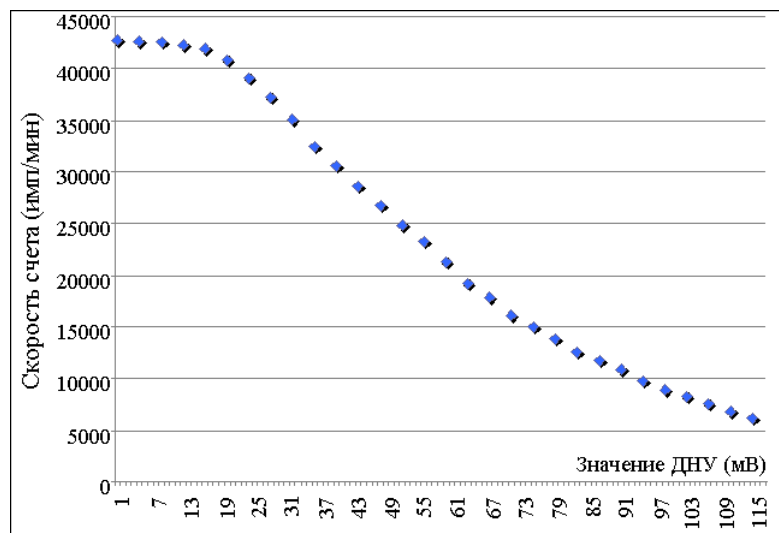


Рис.9. Интегральный спектр сигналов со счетчика СММ 67Э, включенного в режиме пропорционального счета.

Как хорошо видно из приведенных рисунков, на уровне 3÷7мВ в дифференциальном спектре сигналов наблюдается практически нулевая скорость счета. Соответственно, на интегральном спектре при этом наблюдается сохранение скорости счета при изменении значения ДНУ в этих пределах.

После установки ДНУ на значение 4мВ, было снято плато счетной характеристики от напряжения питания счетчика (Рис. 11). В диапазоне напряжений 1246±10В изменение счетных характеристик детектора практически не замечено.

Относительно небольшие абсолютные значения ДНУ и высокая стабильность поддержания напряжения питания счетчиков не должны вызывать сомнения. Современная элементная база, применяемая для реализации высоковольтного преобразователя и регистрирующего тракта, позволяет уверенно сохранять заданные параметры в требуемом диапазоне: стабильность высокого напряжения схемы, приведенной на рис.3 в диапазоне 1200÷1300В при изменении температуры окружающей среды от 20°С до 150°С не хуже 10В; стабильность установки значения ДНУ схемы, приведенной на рис.4, в диапазоне 2÷10мВ не хуже 10%.

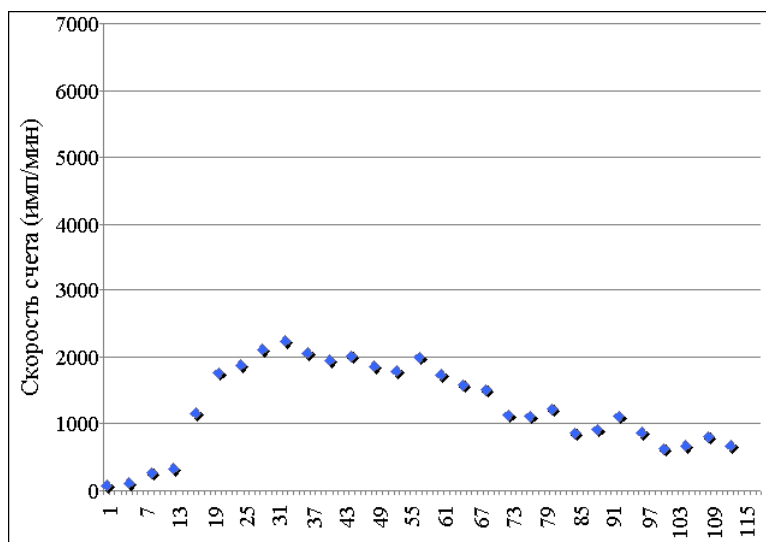


Рис. 10. Дифференциальный спектр сигналов со счетчика СММ 67Э, включенного в режиме пропорционального счета.

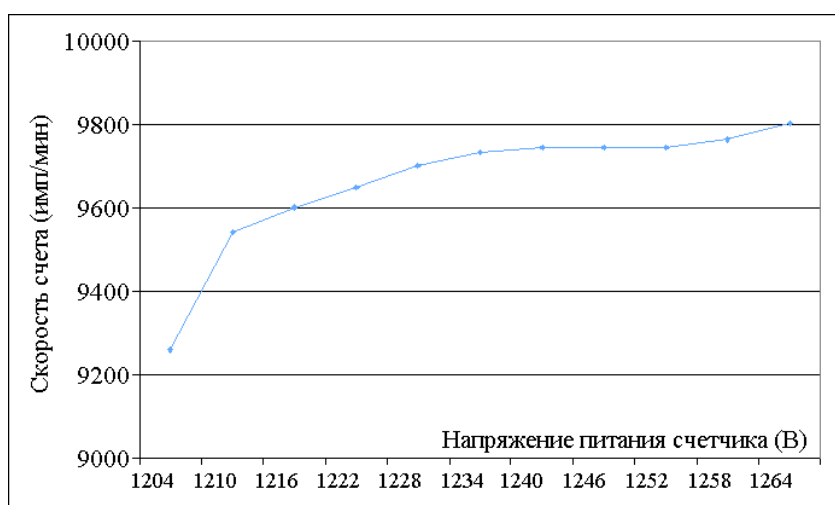


Рис.11. Плато счетной характеристики от напряжения питания счетчика СММ 67Э.

После снятия счетных характеристик от различных значений ДНУ и напряжения питания счетчика, были выбраны его рабочие параметры – соответственно напряжение питания 1246В, уровень дискриминации 4мВ. Произведен прогрев счетчика до температуры 180°С в печи (рис.12). Как хорошо видно, изменений счетных характеристик детектора при изменении

температуры окружающей среды от 20С до 180С в пределах статистики измерений не обнаружено.

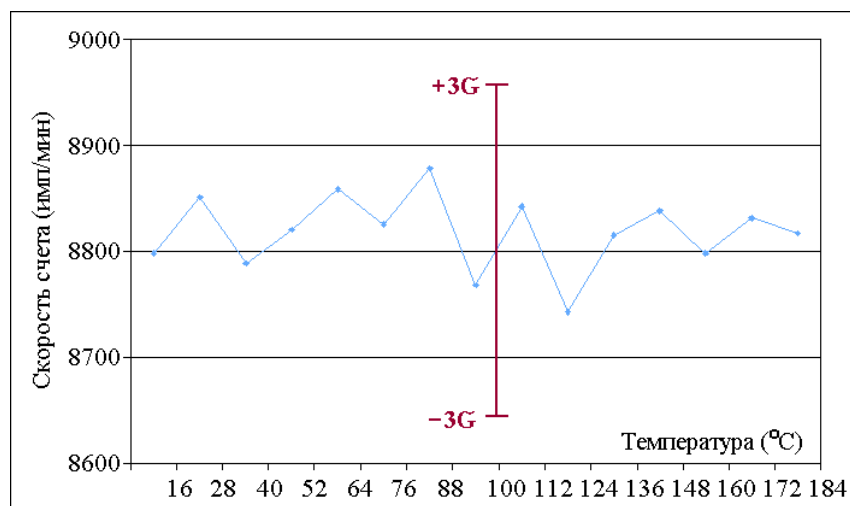


Рис.12. Изменение скорости счета счетчика СНМ 67Э при изменении температуры окружающей среды.

Испытание счетчика в зондовой установке скважинного прибора по методике, описанной выше, показало, что его метрологические свойства позволяют использовать ранее рассчитанную палеточную зависимость для определения водородосодержания в скважине.

В ходе проведения тестирования счетчиков были обнаружены интересные факты. А именно, температурный прогрев счетчика СНМ 56М №0091, включенного в режиме коронного разряда, показал нестабильность его счетной характеристики при изменении температуры в диапазоне 70÷120°С на уровне 10%. На основании этого данный счетчик был забракован к применению в скважинной аппаратуре НК для определения водородосодержания. В то время как включение в режиме пропорционального счета обеспечило стабильность данного параметра в пределах 1% (Рис. 13), что является, несомненно, отличным показателем. При этом, эффективность регистрации нейтронов в режиме пропорционального счета оказалась выше на 5÷10%, что объясняется, очевидно, регистрацией в этом режиме практически всех нейтронов, взаимодействующих со счетчиком.

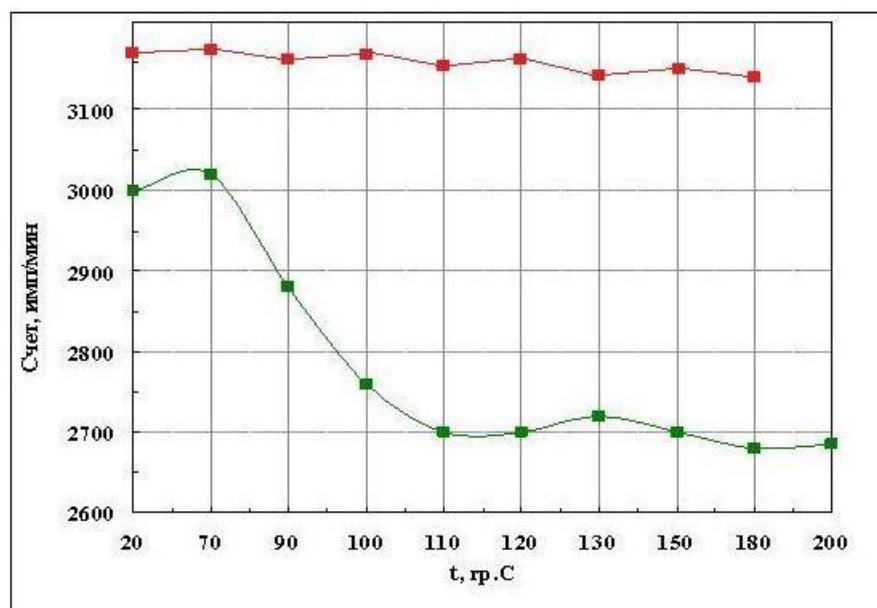


Рис. 13. Изменение скорости счета счетчика СНМ 56М №№0091 от температуры окружающей среды в режимах включения «коронного» разряда (зеленая кривая) и пропорционального счета (красная кривая).

По описанным выше методикам проверки были протестированы партии счетчиков СНМ 56М и СНМ 67Э, производства ЭХП. Одновременно проводились аналогичные действия



со счетчиками SAINT-GOBAIN 15He3/760/38HX, SAINT-GOBAIN 15He3/304/25HX, SAINT-GOBAIN 15He3/760/25HX, CENTRONIC 25He3/760/50HX, CENTRONIC 25He3/7304/50HX (первая цифра – длина рабочей части счетчика в см, He3 – рабочий газ, 304 и 760 – код давления рабочего газа 4атм и 10атм соответственно, последняя цифра – диаметр в мм). По тестируемым партиям можно отметить, что счетчики СНМ 56М и СНМ 67Э, по крайней мере, по своим основным характеристикам (стабильность счетных характеристик при изменении температуры окружающей среды, амплитуда и длительность импульса полезного сигнала, отношение сигнал/шум) не уступают своим зарубежным аналогам.

Таким образом, применение нейтронных счетчиков СНМ 56М и СНМ 67Э, производства ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» в режиме пропорционального счета позволяет существенно повысить их температурную стабильность, снизить фон и при этом не сместить скважинный зонд с существующих палеток. Отбраковка счетчиков в этом режиме включения (выпуск начиная с весны 2012г) на сегодняшний день нулевая.

В настоящий момент на ЭХП проведена модернизация электровакуумного производства, счётчики СНМ 56М и СНМ 67Э изготавливаются серийно в количествах, достаточных для обеспечения потребностей отечественной геофизики, в 2013г. предполагается постановка на серийное производство нейтронных счётчиков диаметром 25 и 50мм и давлением рабочего газа до 10атм. После того, как этот этап будет успешно завершен, а положительные результаты тестирования счетчиков СНМ 56М и СНМ 67Э в режиме работы пропорционально счета не позволяют в этом сомневаться, будет закрыта потребность практически во всех типах нейтронных счетчиков для отечественной нефтегазовой геофизики.