

DOI: 10.18469/ikt.2016.14.1.06

Kolesnikov Ivan Vladimirovich, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, 23 Lev Tolstoy str., Samara 443010, Russian Federation; PhD Student of the Department of Computer Science and Engineering. Tel. +78469227248. E-mail: 79277127248@ya.ru.

References

1. Oliver Ibe. *Seti i udalennyi dostup. Protocoli, problemi, reshenia* [Network and remote access. Protocols, problems, solutions]. Moscow, DMK-Press Publ., 2002. 81 p.
2. Olifer V.G., Olifer N.A. *Komputernyeseti. Principy, tehnologii, protokoly* [Computer networks. Principles, technologies and protocols]. St.Peterburg, Piter Publ., 2006. 174 p.
3. Ronald Cohn, Jesse Russell. *OpenWRT*. VSD, 2012. 46 p.
4. Iptables. Available at: help.ubuntu.ru/wiki/iptables (accessed 25.03.2015).
5. *Piringovie P2P seti*. Available at: www.visti.net/~dwl/art/P2P/P2P-end.pdf (accessed: 18.03.2015).
6. Kim H.C., Claffy K.C., Fomenkov M, Barman D., Faloutsos M., Lee K.Y. *Internet Traffic Classification Demystified: Myths, Caveats and the Best Practices*. ACM CONEXT, 2008. 5p.
7. Won Y.J., Park B.C., Ju H.T., Kim M.S., Hong J.W. *A hybrid approach for accurate application traffic identification*. IEEE/IFIP E2EMON, 2006. 7 p.

Received 25.05.2015

УДК 621.396.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫБОР СИГНАЛЬНО-КОДОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ЗАБОЙНОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНЫХ ПОМЕХ

Суханов Д.В.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ
E-mail: dms_cyx@mail.ru

В статье изложены результаты сравнения ранее полученных теоретических результатов с экспериментом по выбору наилучшей сигнально-кодовой конструкции для забойных телеметрических систем. Показано сравнение предлагаемых вариантов построения забойной телеметрической системы с вариантом, использованным в скважинном приборе производства ООО «ТехГеоБур». В ходе эксперимента подверглись модернизации в передатчике блок «Кодер помехозащищённого кода», а в приемнике блок «Демодулятор-Декодер». Для корректного сравнения обоих вариантов весьма желательно сравнивать показания, закодированные разными кодами, при одном уровне одинаковых по своим вероятностным характеристикам шумов и при одинаковых искажениях канала. Результаты сравнения представлены в таблице, в которой показаны различные значения достоверности телеметрического параметра «Гравитационный отклонитель».

Ключевые слова: телеметрия скважин, горизонтальное бурение, помехоустойчивость приема, электромагнитный канал связи, достоверность данных, цифровой прием, нестационарный шум.

Введение

Наклонно направленное и горизонтальное бурение невозможно без применения забойных телеметрических систем (ЗТС, по зарубежной терминологии MWD и LWD), которые обеспечивают оперативное управление траекторией ствола скважин. По различным средам передачи телеметрических данных телесистемы делятся на следующие типы: с кабельным каналом связи, гидравлическим, акустическим, электромагнитным, комбинированным. При использовании электромагнитных (ЭМ) систем используется канал связи сверхдлинноволнового диапазона [1-10]. Средняя (несущая) частота передаваемо-

го сигнала в таких системах составляет обычно 1-10 Гц (окно прозрачности 0,5-20 Гц). Более высокочастотные сигналы практически полностью поглощаются породой в процессе распространения на практически значимых расстояниях (1-4 км). При подаче электрического напряжения между верхней и нижней частями бурильной колонны (выполняющей роль антенны), разделенных диэлектрической вставкой, возникают токи, текущие в толще земли. Часть этих токов течет по поверхности и образует падение напряжения между устьем скважины и дополнительным электродом, установленным на расстоянии обычно 50-100 м от нее (см. рис. 1).

К основным недостаткам ЭМ канала связи следует отнести его относительно низкую помехозащищенность и связанную с этим проблему повышения скорости передачи данных, большое разнообразие как источников помех, так и их характеристик, что ограничивает такие важные показатели, как глубина бурения, точность и скорость проводки скважины.

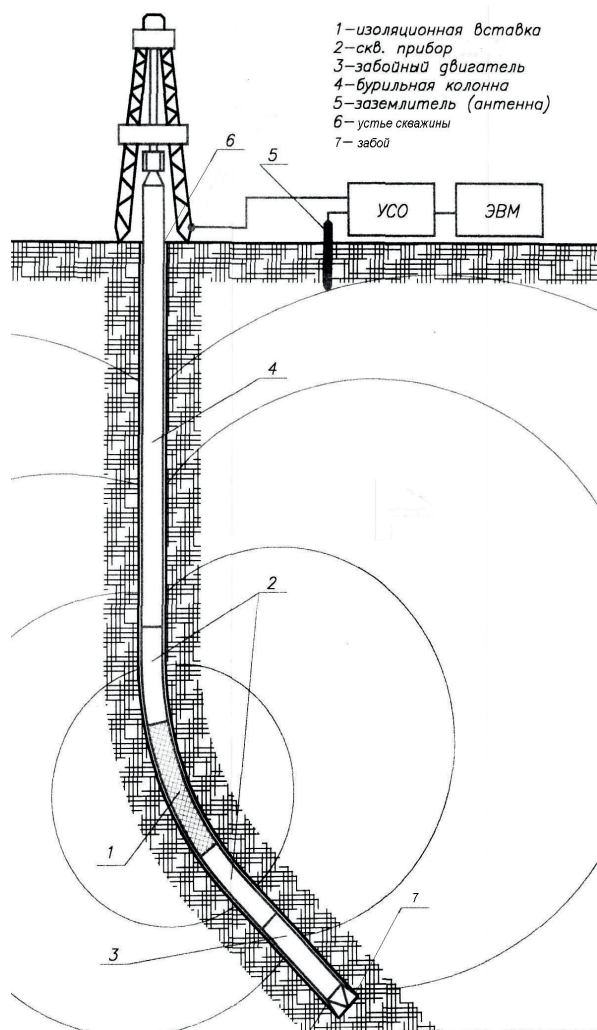


Рис. 1. Иллюстрация принципа действия ЗТС

В этой связи поиск путей повышения помехоустойчивости системы связи является актуальной задачей, которую можно сформулировать как «повышение достоверности передачи данных в забойных телеметрических системах с ЭМ каналом связи». Для определения оптимальных схем кодирования и декодирования, модуляции и демодуляции экспериментально были определены вид и параметры импульсной характеристики канала связи, структура и характеристики аддитивных помех. При этом использовались оцифрованные записи реальных сигналов с буровой [11].

Экспериментальные исследования влияния сигнально-кодовых конструкций на прием сигнала ЗТС

При апробации результатов исследования были приняты следующие ограничения на реализацию приемной части:

- задержка между моментом поступления сигнала на вход приемника и выдачей решения о первом символе на выходе приемника не более 16 информационных символов;
- приемник должен обеспечить вероятность ошибки символа (полубайта) меньшую, чем приемник ЗТС, в области отношений «сигнал-шум» – у которого вероятность ошибки символа на выходе $P_{16} \geq 0,1$.

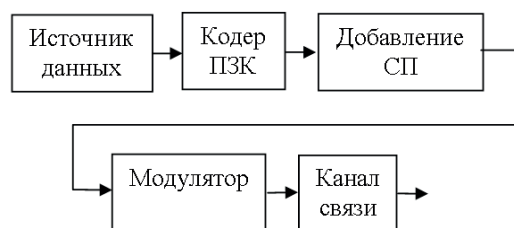


Рис. 2. Структурная схема передатчика

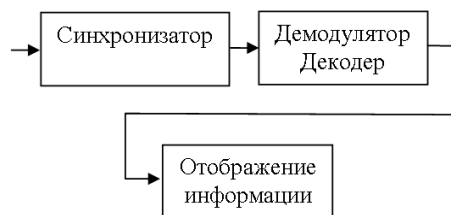


Рис. 3. Структурная схема приемника на основе мягкого декодирования

В ходе эксперимента подверглись модернизации в передатчике блок «Кодер помехозащищенного кода» (см. рис. 2) и в приемнике блок «Демодулятор-Декодер» (см. рис. 3). Для этого было выбрано несколько подходящих помехоустойчивых кодов: сверточный код (4,1,16) со скоростью $R_c = 1/4$ и кодовым ограничением $v = 4$, сверточный код (4,1,24) со скоростью $R_c = 1/4$ и кодовым ограничением $v = 8$, блочный биортогональный код (24,4,12). При замене кода (16,4,8) на код (24,4,12) скорость кода падает с $1/4$ до $1/6$. Поэтому если требуется сохранить скорость передачи информации, можно вместо двух (16,4,8) кодов использовать два кода (24,4,12) и (8,3,4). Помехозащищенность второго кода меньше, чем кода (16,4,8), но его можно использовать для передачи информации, имеющей меньшую значимость, – например, младшие биты измеряемых параметров.

На первом этапе экспериментального исследования передача сигнала проходила в условиях городской застройки, что гораздо дешевле и быстрее, чем испытания на скважине. Передающая часть располагалась во дворе ООО «ТехГеоБур» (поз. 3) порядка 550 м по поверхности от приемника, который находился в здании ПГУТИ (поз. 2). Схема расположения металлических штырей, играющих роль передающих и приемных антенн, указана на рис. 4: поз.1 – Московское шоссе, поз. 4 – ул. Санфириковой. Места установки штырей обозначены черными точками, диаметр штырей 10 мм, глубина 0,5м. На поз. 5 условно показаны линии тока. Приемник использовался из штатного комплекта аппаратуры ЗТС (УСО и скважинный прибор производства ООО «ТехГеоБур»), также применялся экспериментальный образец приемной аппаратуры на базе доработанной звуковой карты модели «PCI E CREATIVE Sound Blaster» (доработка заключалась в добавлении разделительного конденсатора на входе), подключенной к ЭВМ.

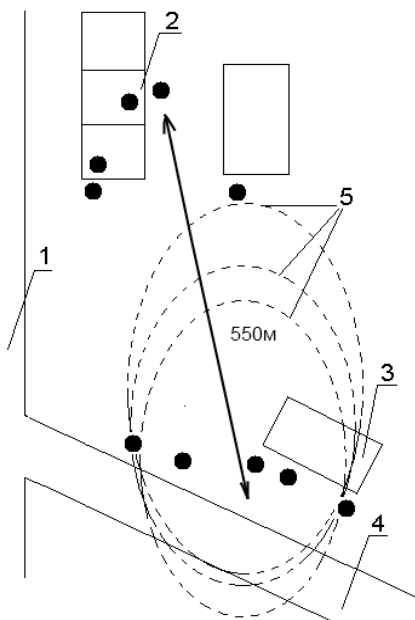


Рис. 4. Расположение приемной и передающей аппаратуры во время эксперимента в г. Самаре

Промежуточные данные эксперимента показали невозможность приема сигнала, что объясняется недостаточными размерами излучающей системы и наличием в земле металлических коммуникаций, шунтирующих сигнал. При этом наблюдалось отсутствие синхронизации, что говорит об актуальности ее улучшения – хотя для исследования промышленных шумов данная экспериментальная установка предоставляет широкие возможности.

Поскольку проверка на поверхности Земли оказалась невозможной, возникла необходимость проверки аппаратуры на буровой при проводке скважины. Была модернизирована прошивка микроконтроллера передатчика ЗТС и соответствующим образом изменена программа цифрового приемника – также см. рис. 2-3.

Чтобы сравнить между собой различные варианты телесистемы, желательнее сопоставить показания, закодированные разными кодами при одном уровне одинаковых по своим вероятностным характеристикам шумов и при одинаковых искажениях канала. С этой целью был разработан формат кадра передаваемых данных, в котором из четырех показаний канала «Отклонитель» первое и третье показание закодированы «традиционным» кодом (16, 4, 8), а второе и четвертое – одним из предложенных в [11], то есть (24, 4, 12). При этом соседние по времени СКК проходят один и тот же канал связи, так как глубина скважины за длительность выхода кадра данных меняется пренебрежимо мало. Для нестационарного шума, действующего в канале, с большой вероятностью в течение кадра оказывается интервал стационарности. При этом для практики интересен случай, когда передатчик расположен на такой глубине, когда и синхронизация, и декодирование находятся уже на пределе и отношение «сигнал-помеха» при заданной частоте достигло такого значения, что приходится переключаться на следующую частоту. На рис. 5 в нижнем окне слева можно увидеть ослабленный почти до такого уровня сигнал, хотя уровень шума в данный момент времени незначителен. В нижнем окне справа находится график нормированной функции коррелятора синхронизации, а в верхнем окне содержатся принятые данные со своей достоверностью. В угловом квадратном окне находится графическое отображение телеметрического параметра «Отклонитель».



Рис. 5. Внешний вид интерфейса программы приемника при слабом сигнале

Таблица 1. Сравнение двух систем помехоустойчивого кодирования

Время	Зенит	Азимут	Откл.1	Откл.2	Откл.3	Откл.4	Обороты	Глубина							
6:19:04	28,8	0	219	5	127	0	314	5	188	2	279	6	5000	1	1384,1
6:19:36	38,8	3	218	3	264	4	176	6	358	5	190	6	1520	4	1384,2
6:20:08	26,6	0	222	5	309	1	325	6	178	0	268	7	1440	2	1384,3
6:20:40	38,9	6	219	6	269	7	130	5	358	4	147	4	1500	2	1384,4
6:21:12	37,1	1	251	5	347	1	257	6	192	2	302	7	1420	2	1384,5
6:21:48	67,6	0	179	3	33	2	48	4	203	0	145	4	2920	1	1384,8

В таблице 1 можно увидеть результаты сравнения из фрагмента журнала рейса телесистемы. В выделенной строке по достоверности (однозначное целое число справа от значения) можно наблюдать тот самый случай, когда с помехой новый вариант системы (телеметрические параметры «Откл. 2» и «Откл. 4», достоверность «6» и «7» соответственно) справился, в отличие от старого (телеметрические параметры «Откл. 1» и «Откл. 3», достоверность «1» и «0» соответственно).

Выводы

Представлены результаты испытаний модернизированного варианта ЗТС как в условиях городской застройки, так и в условиях проводки наклонно направленной скважины на буровой. При этом ПЗК (24, 4, 12) показал достоверность приема 67%, 78%, в то время как традиционный код (16, 4, 8) в тех же условиях приёма показал достоверность 0%, 11%, что находится в согласии с теоретическими выводами в [11]. Предложенная методика выбора СКК может быть использована для проведения дальнейшей модификации забойных телеметрических систем с целью увеличения помехоустойчивости, а следовательно, и глубины бурения систем с ЭМ каналом связи.

Благодарности

Автор выражает признательность сотрудникам ООО «ТехГеоБур» Давыдову Е.Л., Дьяковичу В.Б., Иванову А.В., а также Григорову И.В. (ПГУ-ТИ) за участие в модернизации аппаратуры и внедрение результатов выполненного исследования.

Литература

1. Грачев Ю.В., Варламов В.П. Автоматический контроль в скважинах при бурении и эксплуатации. М.: Недра, 1968. – 327 с.
2. Молчанов А.А. Измерение геофизических и технологических параметров в

процессе бурения скважин. М.: Недра, 1983. – 188 с.

3. Чупров В.П. Состояние и перспективы развития забойных телесистем с беспроводным электромагнитным каналом связи // Каротажник. – Тверь, 2001. N 82. С. 144-148.
4. Чупров В.П., Бельков А.В., Бикинеев А.А., Камалудинов Ф.С., Шайхутдинов Р.А., Шибанов С.Н. Развитие забойных телесистем с электромагнитным каналом связи // Каротажник. – Тверь, 2003. N 113. С. 30-41.
5. Абрамов О.Л., Барычев А.В. Опыт разработки, изготовления и эксплуатации забойных беспроводных телесистем // Каротажник. – Тверь, 2007. N 155. С. 3-9.
6. Prenskey St. Recent advances in LWD/MWD and formation evaluation // World Oil. March 2006. – P.69-75.
7. Ellis D.V., Singer J.M. Well Logging for Earth Scientists. // Springer, 2008. // 699 p.
8. Poh Kheong Vong, Rodger D., Marshall A. Modeling an electromagnetic telemetry system for signal transmission in oil fields // IEEE Transactions on Magnetics. 2005, vol. 41, no. 5, 2005. – P. 2008-2011.
9. Whitacre T., Xiao-Hua Yu. A neural network receiver for EM-MWD baseband communication systems // International Joint Conference on Neural Networks, 2009. – P. 3360-3364.
10. Yik-Kiong Hue, Teixeira F.L. FDTD simulation of MWD electromagnetic tools in large-contrast geophysical formations // IEEE Transactions on Magnetics. Vol. 40, No. 2, Part 2, 2004. – P. 1456-1459.
11. Горячкин О.В., Григоров И.В., Долгополов В.Н., Петров О.А., Суханов Д.В., Хабаров Е.О. Пути повышения эффективности бескабельных телеметрических забойных телесистем подземной связи // ИКТ. Т.7, №4, 2009. – С. 46-55.

Получено 06.11.2015

Суханов Дмитрий Владимирович, старший преподаватель Кафедры теоретических основ радиотехники и связи Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. (8-846) 228 00 72. E-mail: dms_cyx@mail.ru

EXPERIMENTAL CHOICE OF SIGNAL-CODE SEQUENCE FOR MEASURE WHILE DRILLING UNDER REAL NOISE CONDITIONS

Sukhanov D.V.

Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics, 77 Moskovskoe shosse, Samara 443090, Russian Federation

E-mail: dms_cyx@mail.ru

Horizontal drilling is impossible without measure while drilling and logging while drilling (MWD-LWD) systems. Telemetric systems differs by transmission medium that can be wired, hydraulic, acoustical, electromagnetic, or combined of them telecommunication channel with its own merits and demerits. The main demerit of electromagnetic channel is low noise immunity that leads to problem of bit rate enhancement, and large variety of disturbers with their parameters, limiting important factors such drilling depth, accuracy and rate of drilling. This work presents results of development and realization of error-correcting coding signal for MWD-LWD systems. The tests were produced for both urban area and real drill site. In addition, comparison results for offered and conventional device manufactured by LLC «TechGeoBur». During the experiment following units «noise immune coder» of transmitter and «demodulator – decoder» of receiver were modified. Correct test requires comparison of reading been coded by different codes under the noises with the same probability parameters and the same channel distortions. Therefore, a new format of data frame was designed to solve this problem. Conclusive comparison results are represented in table where various reliable values of telemetric parameter «Gravity Toolface» are shown.

Keywords: *measuring while drilling, horizontal drilling, noise stability of receiving, electromagnetic communication channel, reliability of data, digital receive, transient noise.*

DOI: 10.18469/ikt.2016.14.1.07

Sukhanov Dmitriy Vladimirovich, Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics, 77 Moskovskoe shosse, Samara 443090, Russian Federation; Senior teacher of the Department of Theoretical Basics of Radiotechnical and Communications. Tel. +78462280072. E-mail: dms_cyx@mail.ru.

References

1. Grachev Y.V., Varlamov V.P. *Avtomaticeskii Control' V Skvazhinah Pri Burenii I Ekspluatacii* [Automatic Control In The Wells while Drilling And Exploitation] Moscow, Nedra Publ., 1968. 327 p.
2. Molchanov A.A. *Izmerenie Geofizicheskikh I Technologicheskikh Parametrov V Processe Bureniya Skvazhin* [Measuring Of Geophysical And Technological Parameters While Wells Drilling]. Moscow, Nedra Publ., 1983. 188 p.
3. Chuprov V.P. Sostoyanie I Perspektivy Razvitiya Zaboytyh Telesistem S Besprovodnym Elektromagnitnym Kanalom Svyazi [Statement and perspectives of evolution of MWD systems with electromagnetic wireless channel]. *Karotazhnik*, 2001, no. 82, pp. 144-148.
4. Chuprov V.P., Bel'kov A.V., Bikineev A.A., Kamaltdinov F.S., Shaihutdinov R.A., Shibanov S.N. Razvitie Zaboytyh Telesistem S Elektromagnitnym Kanalom Svyazi [Evolution of MWD systems with electromagnetic channel]. *Karotazhnik*, 2003, no. 113, pp. 30-41.
5. Abramov O.L., Barychev A.V. Opyt Razrabotki, Izgotovleniya I Ekspluatacii Zaboytyh Besprovodnyh Telesistem [Experience in development, producing and exploitation MWD wireless systems]. *Karotazhnik*, 2007, no. 155, pp. 3-9.
6. Stephen Prenskey. Recent advances in LWD/MWD and formation evaluation. *World Oil*, 2006. pp. 69-75.
7. D.V. Ellis, J.M. Singer. *Well Logging for Earth Scientists*. Springer, 2008. 699 p.
8. Poh Kheong Vong, Rodger D., Marshall A. Modeling an electromagnetic telemetry system for signal transmission in oil fields. *IEEE Transactions on Magnetics*, 2005, vol. 41, no. 5, pp. 2008-2011. doi: 10.1109/TMAG.2005.846272.
9. Whitacre T., Xiao-Hua Yu. A neural network receiver for EM-MWD baseband communication systems. *International Joint Conference on Neural Networks*, 2009, pp. 3360-3364. doi: 10.1109/IJCNN.2009.5178838.
10. Yik-Kiong Hue, Teixeira F.L. FDTD simulation of MWD electromagnetic tools in large-contrast geophysical formations. *IEEE Transactions on Magnetics*, 2004, vol. 40, no. 2, part 2, pp. 1456-1459. doi: 10.1109/TMAG.2004.825465.

11. Goryachkin O.V., Grigorov I.V., Dolgoplov V.N., Petrov O.A., Sukhanov D.V., Khabarov E.O. Puti povysheniya effektivnosti beskabel'nykh telemetriceskikh zaboytykh telesistem podzemnoi svyazi [Ways of increase efficiency of wireless MWD systems for subsurface communications]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2009, vol.7, no. 4, pp. 46-55.

Received 06.11.2015

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.056.5; 681.142.342

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ТОРГОВОЙ СИСТЕМЫ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Колотилкина Ю.Д., Маслов О.Н.

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ
E-mail: maslov.psati.ru*

В статье рассматривается алгоритм торговой системы на финансовых рынках. Данный метод системы реализован посредством анализа макроэкономических показателей с дальнейшей обработкой в аналитической программе STATISTICA и составлением уравнения множественной регрессии с учетом рисков, результат которого, является сигналом для входа/выхода в рынок.

Ключевые слова: система, торговля, аналитика, статистика, алгоритм, экономика, разработка, прибыль.

Введение

Применение новых информационных технологий (в том числе связанных с Internet) приводит к структурному преобразованию крупного и малого бизнеса. Одна из возможностей, которая появилась в ходе эволюции Internet-технологий, является Internet-трейдинг. Для прибыльной работы на финансовых рынках сегодня необходимо грамотно проводить сделки и учитывать риск-менеджмент. Каждый участник рынка реализует торговлю по индивидуальной стратегии, которая может быть основана на множестве технических и фундаментальных факторов. Перед трейдером стоит задача разработки и последующего использования собственной торговой системы (ТС), которая должна соответствовать инвестиционным целям, предпочтительному временному интервалу торговли, а также объему ожидаемой прибыли и приемлемым рискам.

Лицу, принимающему решение (ЛПР), необходимо четко руководствоваться стратегией предотвращения рисков и ведения прибыльной торговли. Алгоритм его работы – это точное предписание ЛПР соблюдать определенную последовательности действий (шагов) для достижения поставленной цели за конечное число шагов.

Алгоритм торговой системы

Современные информационные технологии реализуют обработку данных и преобразование

их в полезную информацию методом искусственного интеллекта. В данном случае ТС это делает при помощи интеллектуальной программы STATISTICA, преобразующей макроэкономические данные в информацию, на основании которой формируется математическая модель множественной регрессии. Данная модель показывает направление тренда, что непосредственным образом способствует повышению уровня эффективности инвестиционных решений на финансовом рынке. Другими словами, на основании изучения (исследования, оценки) макроэкономических показателей ТС позволяет автоматизировать и упростить проводимый фундаментальный анализ. Алгоритм ее работы дает возможность оперировать с требуемым объемом данных экономической статистики. К тому же такой подход позволяет своевременно реагировать на динамику процесса торговли и корректировать текущие сделки с учетом новых публикаций экономических показателей. Алгоритм работы ТС в виде структурной схемы представлен на рис. 1.

Описание структуры алгоритма торговой системы

Рассмотрим подробное описание алгоритма, который включает следующие шаги:

- экспортирование макроэкономических данных с информационных источников (в данном случае анализировалась статистика с 2013 по 2015 гг.);