УДК 621.31

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ВАТТМЕТРОГРАММ

Хакимьянов М.И.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа
e-mail: joss22@rambler.ru

Пачин М.Г.

ОАО «Пермская научно–производственная приборостроительная компания» (ОАО ПНППК), г. Пермь, e-mail: MaxPachin@yandex.ru

Аннотация. *Статья посвящена проблеме автоматизации нефтедобывающих скважин, эксплуатируемых штанговыми глубинными насосами. Авторы разработали методику математической обработки ваттметрограмм для диагностики глубиннонасосных установок. Анализ ваттметрограмм позволяет контролировать состояние наземного оборудования насосной установки. С помощью ваттметрограмм могут быть рассчитаны сбалансированность, а также коэффициент полезного действия станка-качалки. Анализ спектра ваттметрограмм позволяет определять вибрационные и ударные нагрузки, что дает возможность диагностировать дефекты редуктора и подшипников.*

Ключевые слова: *скважина, штанговый глубинный насос, электродвигатель, ваттметрограмма, контроллер, плунжер, спектр*

При автоматизации работы установок штанговых глубинных насосов (УШГН) используют преимущественно два метода: динамометрирование и ваттметрирование. Первый метод позволяет контролировать, главным образом, работу глубинного оборудования, а второй – наземного. К наземному оборудованию УШГН относятся электродвигатель, клиноременная передача, редуктор и станок-качалка с уравновешивающими грузами.

К достоинствам ваттметрирования необходимо отнести такие факторы, как простота измерения (требуется установка только измерительных трансформаторов тока и напряжения на фазах двигателя) и возможность вести учет потребляемой приводом электроэнергии (станции управления могут быть интегрированы в системы коммерческого и технического учета электроэнергии – АСКУЭ и АСТУЭ) [1, 2].

Анализ ваттметрограмм позволяет определять такие параметры, как степень уравновешенности и КПД УШГН, диагностировать обрыв ремней и штанг, выявлять удары в кинематике станка-качалки.

Исторически метод ваттметрирования начал применяться раньше динамометрирования при анализе режимов работы скважин, так как для измерения усилия на полированном штоке требовались специальные датчики. В этой области известны работы Кричке В.О [3, 4] и разработанные им аналоговые электронные устройства, реализующие алгоритмы обработки ваттметрограмм. Однако исполь-

зование ваттметрирования до недавнего времени сдерживалось вычислительными возможностями контроллеров.

Авторами была разработана методика математической обработки ваттметрограмм УШГН, специально ориентированная для применения в контроллере станции управления.

Исходными данными для анализа являются точки массива мгновенных значений активной мощности за один период качания УШГН. Следует отметить, что из массивов мгновенных значений тока и напряжения могут быть получены следующие параметры: активная, реактивная и полная мощности, коэффициент мощности, действующие значения токов и напряжений по каждой фазе.

Обработка ваттметрограммы начинается с построения сглаженного графика, рис. 1. Далее, для оценки вибрационной и ударной составляющих вычисляются среднее значение, дисперсия и среднеквадратичное отклонение.

За вибрационную составляющую принимается среднеквадратичное отклонение. За ударную составляющую берется максимальное отклонение мгновенного значения исходной и сглаженной ваттметрограмм.

Затем производится построение спектра ваттметрограммы. Для построения спектра из массива убирается постоянная составляющая путем пропускания через ФВЧ. Построение спектра ваттметрограммы показано на рис. 2. При анализе важное значение имеют максимальная частота спектра, частота максимума спектра, наличие и количество пиков. По спектру можно диагностировать дефекты зубчатой передачи редуктора, подшипников, элементов станка-качалки, недостаточный уровень масла.

На рис. 3 показана ваттметрограмма с линиями, соответствующими максимальной и минимальной нагрузкам, средней мощности за период и мощности потерь на трение.

На рис. 4 показаны исходный и сглаженный графики, а также их разность. Прочерчивается линия энергии шумовой составляющей сигнала. По характеру шумовой составляющей сигнала можно выявлять динамические удары в элементах привода УШГН.

Для вычисления сбалансированности УШГН производится сравнение энергий, затрачиваемых при ходе штока вверх и вниз. Энергия соответствует площади под кривой изменения мощности. Коэффициент сбалансированности равен отношению этих энергий, при идеальной сбалансированности коэффициент будет равен единице.

Для расчета КПД установки находятся энергии: потребляемая из сети, идущая на преодоление сил трения в наземном оборудовании и переданная полированному штоку. Энергия, потребляемая из сети, это площадь фигуры под кривой ваттметрограммы за цикл качания (сумма мгновенных значений мощности, умноженная на дискретность измерения по времени). Энергия, расходуемая на преодо-

ление сил трения, соответствует постоянной составляющей мощности за цикл качания. Энергия, затрачиваемая на подъем штанговой колонны и газо-жидкостной смеси в насосно-компрессорных трубах, а так же на подъем противовеса определяется как площадь «горбов» ваттметрограммы, или разность энергий – потребляемой из сети и затрачиваемой на преодоление сил трения.

КПД установки определяется как отношение энергии, переданной на полированный шток, к энергии, потребляемой из сети.

Для повышения наглядности могут быть построены трехмерные графики спектров. Массив ваттметрограммы при этом разбивается на ряд отрезков, смещенных друг относительно друга на одну точку, и спектры этих отрезков располагаются один за другим. Трехмерные спектры четырех ваттметрограмм показаны на рис. 5 - 8.

Трехмерное изображение спектра ваттметрограмм дает возможность оценить вибрационные и ударные колебания нагрузок. Так на ваттметрограммах скважин № 1 и № 3 нет ударов, и мы имеем относительно ровный и плавный спектр (рис. 5 и 7). На ваттметрограмме скважины № 2 присутствует удар в конце периода качания. На спектре отчетливо видно, что в конце периода присутствуют колебания с частотой 2 - 5 Гц (рис. 6). На ваттметрограмме скважины № 4 имеется удар в середине периода. На спектре отчетливо виден «холм» в середине периода с частотой 3 - 5 Гц (рис. 8).

Таким образом, по результатам проведенных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. для осуществления комплексного контроля за состоянием и режимом работы УШГН необходимо, чтобы станция управления наряду с динамометрированием обладала инструментарием для ваттметрирования;

2. ваттметрирование является эффективным способом контроля за состоянием наземного оборудования УШГН;

3. ваттметрирование позволяет с высокой степенью достоверности оценить сбалансированность, а также рассчитать коэффициент полезного действия УШГН;

4. анализ спектра ваттметрограмм позволяет определять вибрационные и ударные нагрузки, что дает возможность диагностировать дефекты редуктора и подшипников.

Отметим, что предложенные в данной статье методы обработки ваттметрограмм реализуются в разрабатываемой Пермской научно–производственной приборостроительной компанией (ПНППК) станции управления установками ШГН.

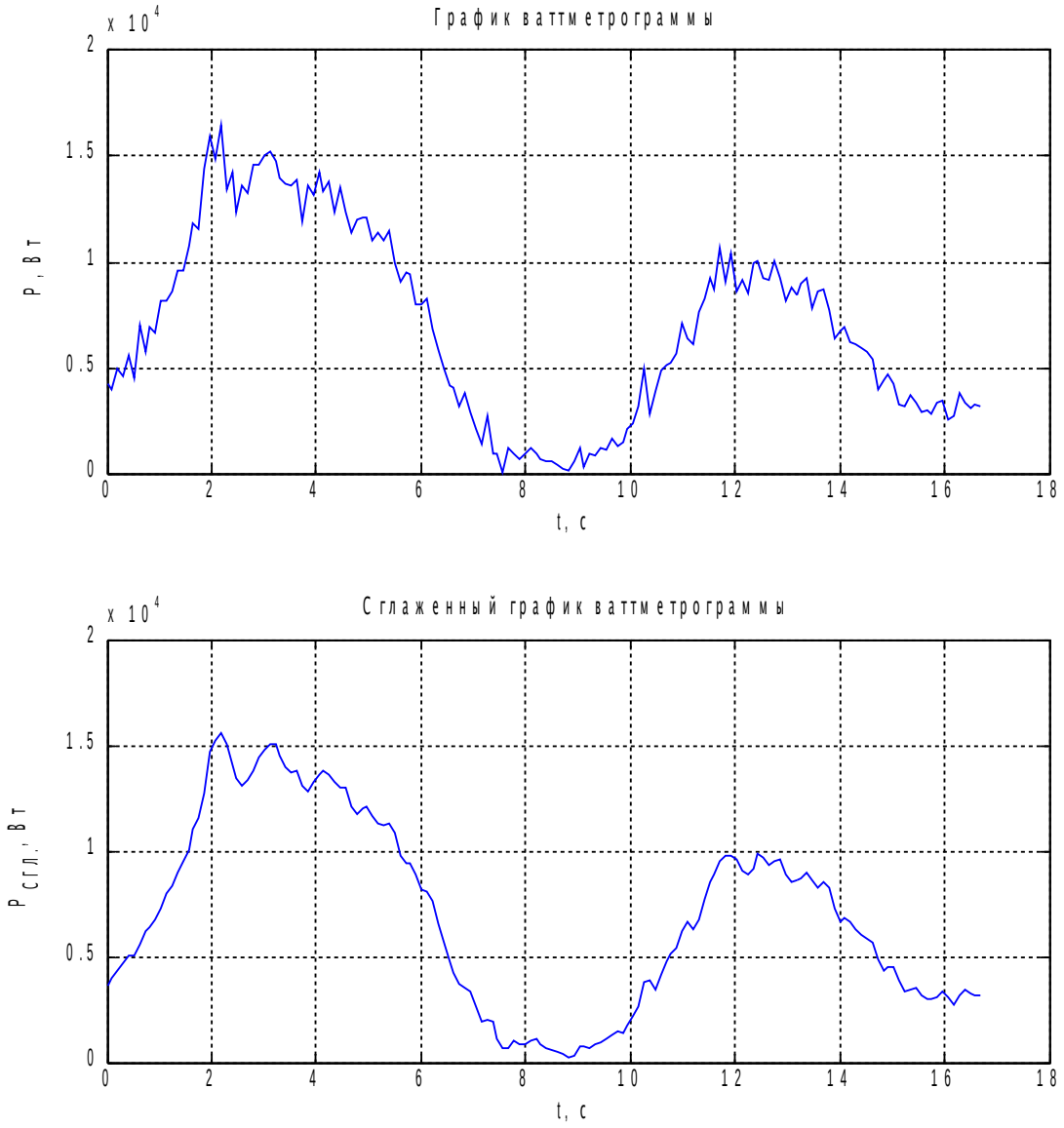


Рис. 1. Исходный и сглаженный графики ваттметрограммы

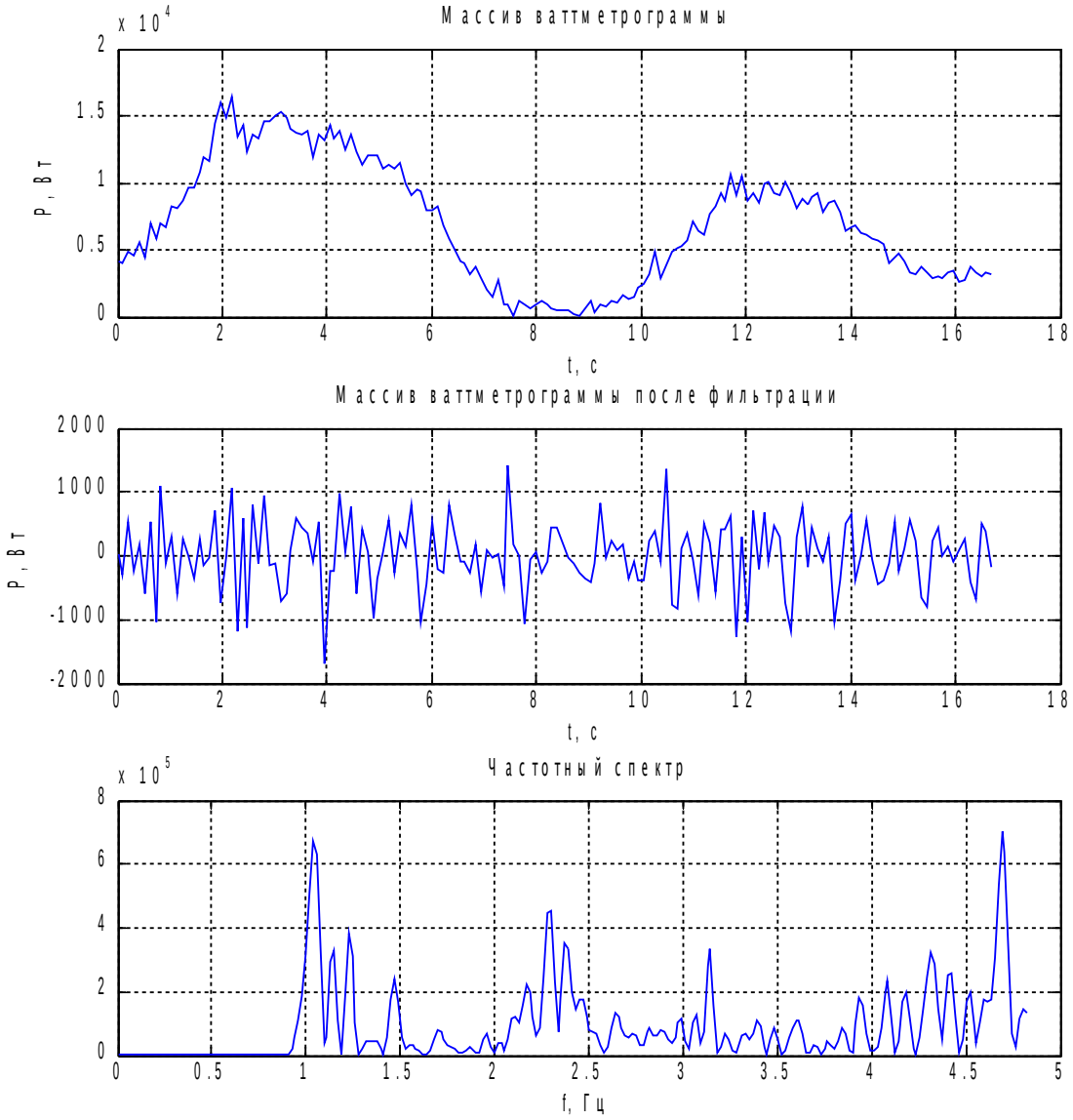


Рис. 2. Построение спектра ваттметрограммы

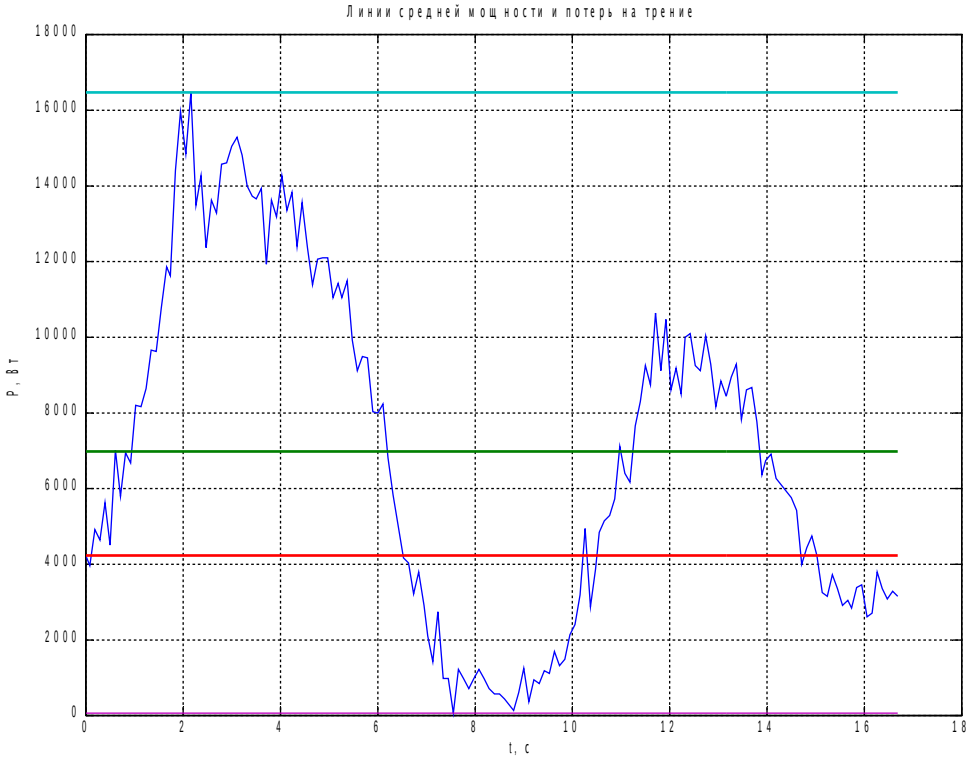


Рис. 3. Ваттметрограмма с линиями средней мощности и потерь на трение

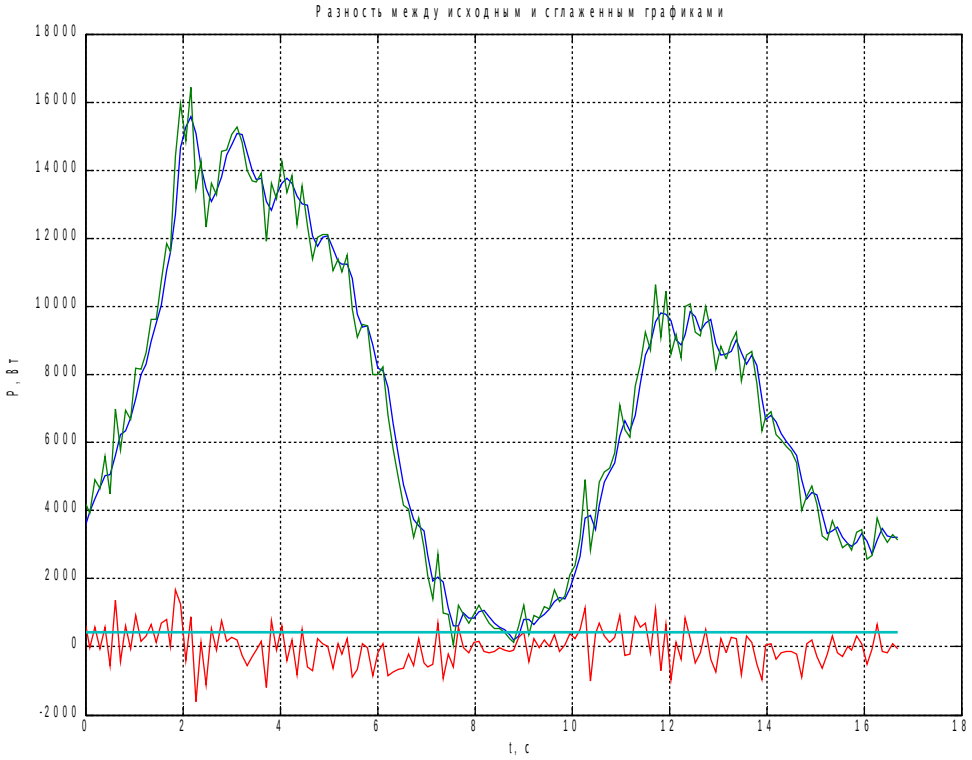
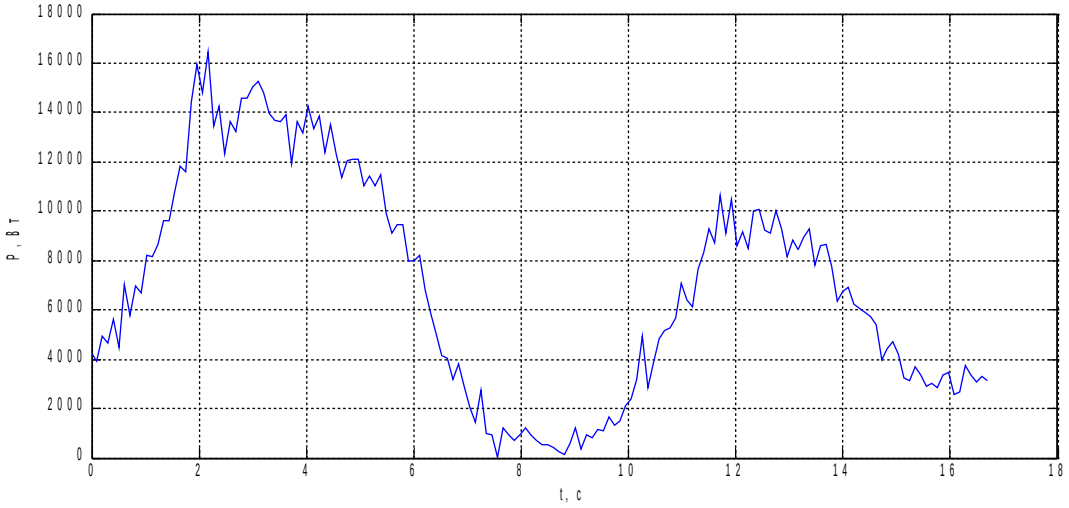


Рис. 4. Разность между исходным и сглаженным графиками ваттметрограммы



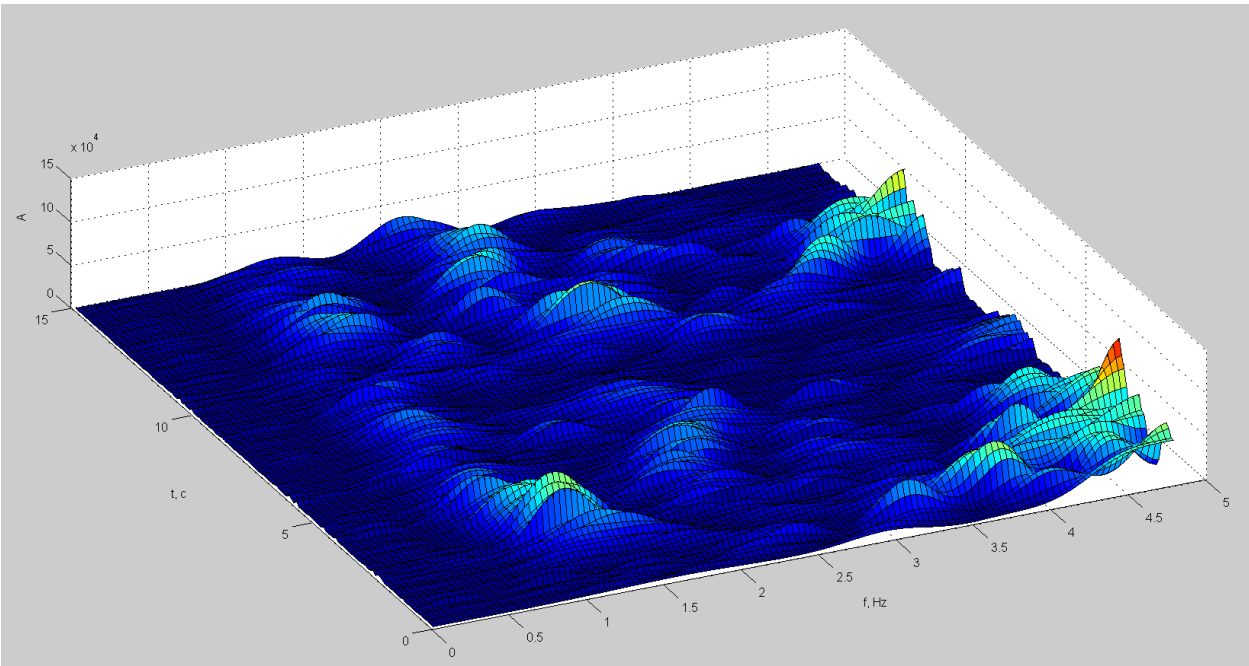
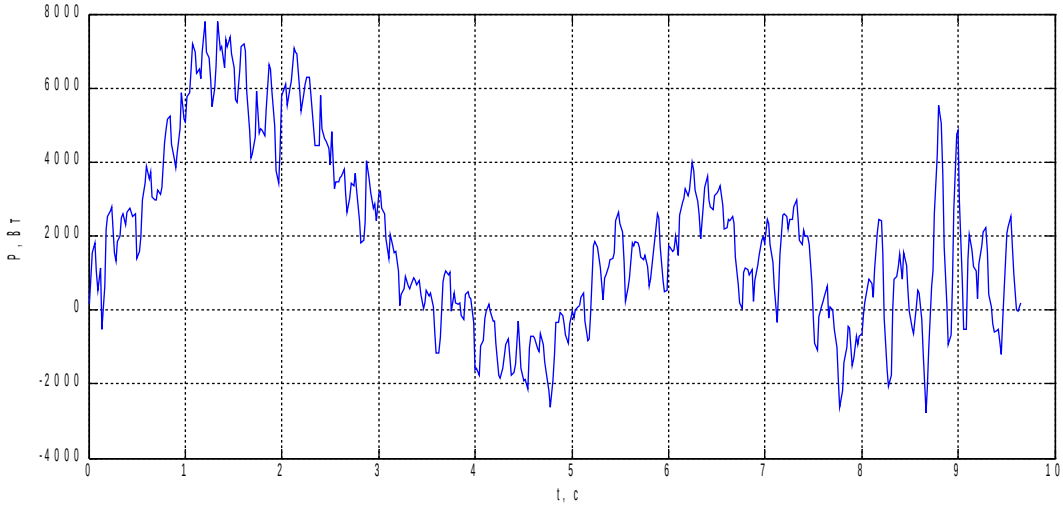


Рис. 5. Ваттметрограмма скважины № 1 и ее трехмерный спектр



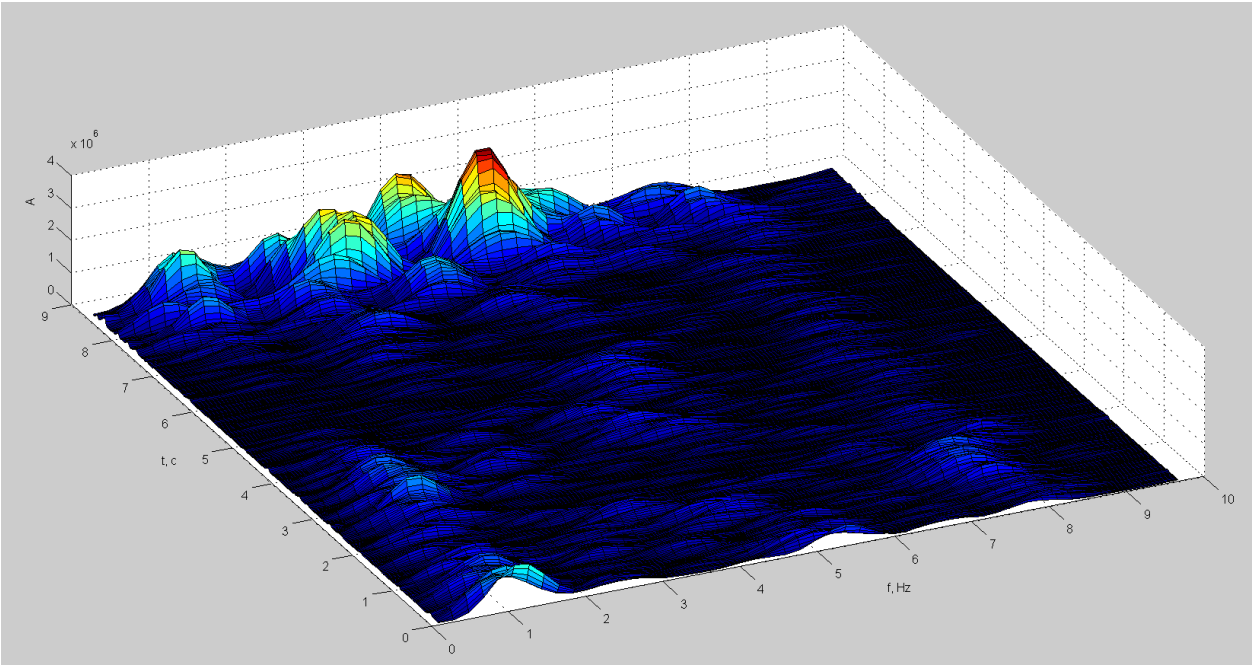


Рис. 6. Ваттметрограмма скважины № 2 и ее трехмерный спектр

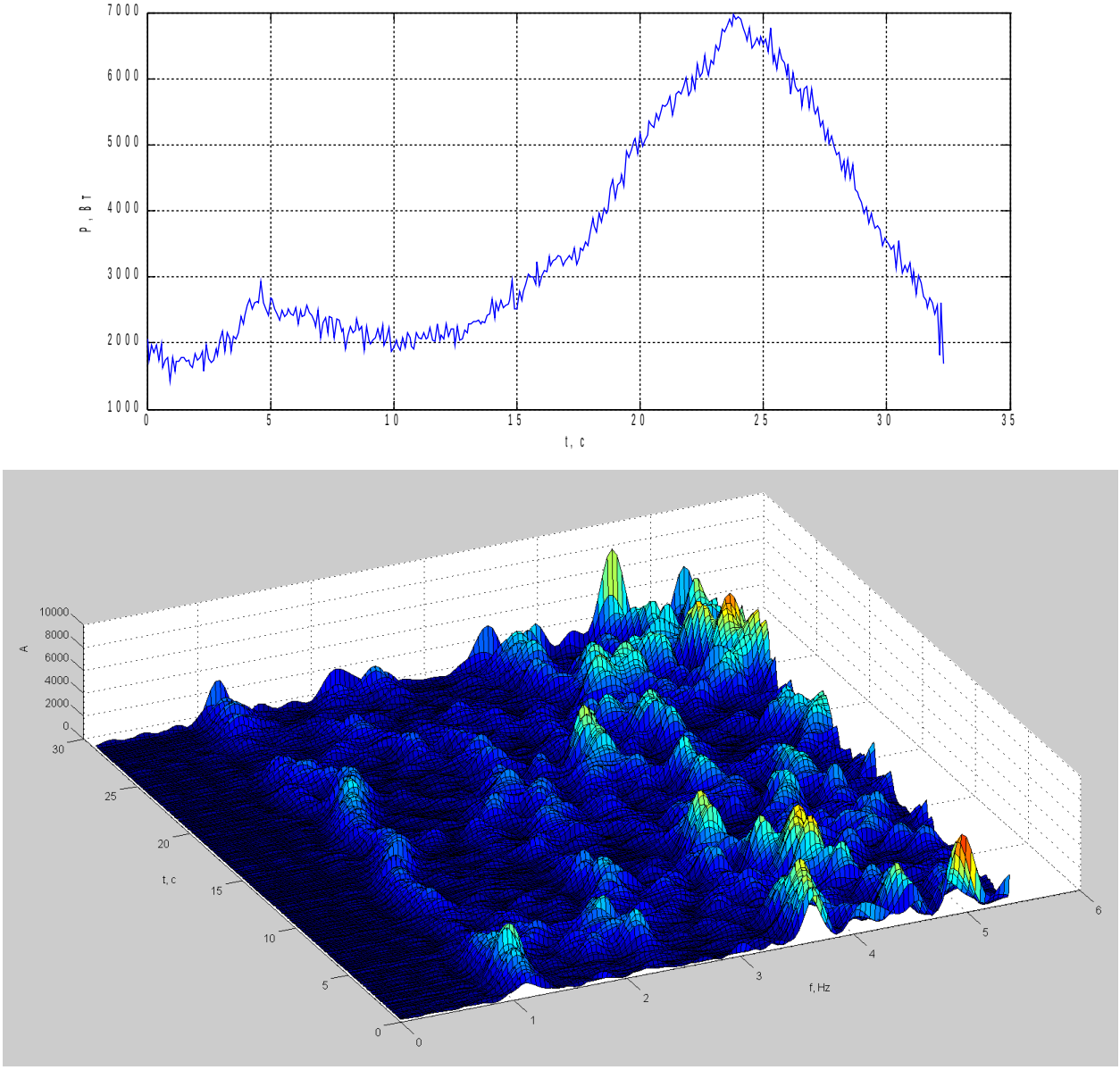


Рис. 7. Ваттметрограмма скважины № 3 и ее трехмерный спектр

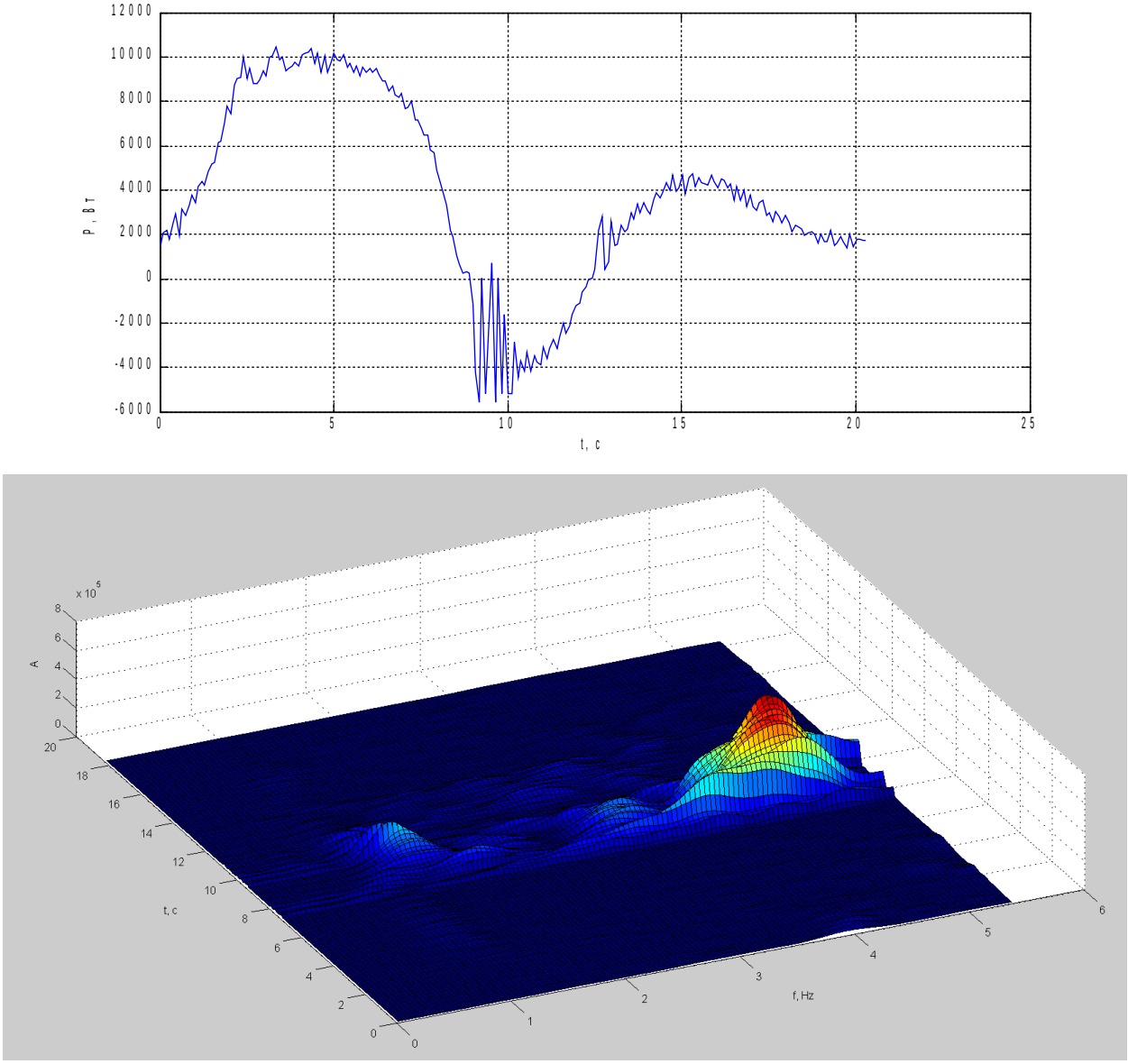


Рис. 8. Ваттметрограмма скважины № 4 и ее трехмерный спектр

Литература

1. Исаченко И.Н., Гольдштейн Е.И., Налимов Г.П. Методы контроля сбалансированности станка-качалки на основе измерения электрических параметров // Нефтяное хозяйство. 2002. № 1. С. 60 - 61.

2. Абрамов Г.С., Барычев А.В., Чураков В.В. Ваттметрические методы контроля за работой скважин // Нефтегаз. 2003. № 3. С. 87 - 89.

3. Кричке В.О. Автоматический анализатор работы глубиннонасосной установки // Автоматизация и телемеханика в нефтяной промышленности. 1975. № 12. С. 10 - 14.

4. Кричке В.О. Анализ работы станков-качалок с помощью автоматических устройств // Автоматизация и телемеханика в нефтяной промышленности. 1976. № 5. С. 23 - 25.

UDC 621.31

MONITORING OF SUCKER ROD PUMP UNITS ON RESULT OF THE ANALYSIS WATTMETER CARDS

M.I. Hakimyanov

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
Russia, Ufa, e-mail: joss22@rambler.ru

M.G. Pachin

Perm Research and Production Instrument Company (PNPPK) JSC, Perm, Russia
e-mail: MaxPachin@yandex.ru

Abstract. *The article is dedicated to problem of automation oil wells with sucker rod pumps. Authors have developed methods of the mathematical processing wattmeter cards for diagnostics of sucker rod pump units. The analysis wattmeter cards allow to control the condition of the overland equipping the pumping unit. By means of wattmeter cards can be calculated balance and efficiency pumping unit. The analysis of the spectrum wattmeter card allows defining vibratory and striking loads that enables to diagnose the defects reduction gear and bearing.*

Keywords: *oil well, sucker rod pump, electric motor, wattmeter card, controller, plunger, spectrum*

References

1. Isachenko I.N., Gol'dshtein E.I., Nalimov G.P. Metody kontrolya sbalansirovannosti stanka-kachalki na osnove izmereniya elektricheskikh parametrov (Methods to control balance of the sucker rod pump unit on the basis of measurement of electrical parameters), *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2002, Issue 1, pp. 60-61.

2. Abramov G.S., Barychev A.V., Churakov V.V. Vattmetricheskie metody kontrolya za rabotoi skvazhin (Wattmeter cards methods of the oilwell control), *Neftegaz*, 2003, Issue 3, pp. 87-89.

3. Krichke V.O. Avtomaticheskii analizator raboty glubinnonasosnoi ustanovki (The automatic analyzer of the sucker rod pump unit operation), *Avtomatizatsiya i telemekhanika v neftyanoi promyshlennosti*, 1975, Issue 12, pp. 10-14.

4. Krichke V.O. Analiz raboty stankov-kachalok s pomoshch'yu avtomaticheskikh ustroistv (Analysis of sucker rod pump units with automated devices), *Avtomatizatsiya i telemekhanika v neftyanoi promyshlennosti*, 1976, Issue 5, pp. 23-25.