

УДК 681.515 : 519.237.5

МЕТОДИКА СИНТЕЗА СТОХАСТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА СТАБИЛИЗАЦИИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

МУСТАФАЕВ А.Ф.

ООО «БАРМЕК-Азербайджан Электрик Шебекеси»

В представленной статье предлагается методика синтеза стохастически оптимального регулятора стабилизации положения плавучих буровых установок (ПБУ), подверженных действию случайных внешних возмущающих воздействий в условиях Каспийского моря. Данная методика может быть использована для стабилизации местоположения плавучих полупогружных буровых платформ (ППБП), испытывающих воздействия ветра и морского волнения.

В последнее время в нашей стране и за рубежом обнаружены новые богатые месторождения нефти и газа в шельфовой зоне морей и океанов. После подписания с консорциумом западных нефтяных фирм контрактов на разработку месторождений в азербайджанском секторе Каспийского моря разворачиваются работы по их добыче на значительных глубинах. Большая потребность в освоении и эксплуатации подводных нефтегазовых месторождений при глубинах моря 200 м и более требует решения целого ряда научно-технических задач. В частности, создание принципиально новых подходов к вопросу совершенствования стабилизирующих систем плавучих буровых установок в заданном местоположении с учетом действующих возмущений случайного характера в виде волнения моря, ветра и морского течения. Существующие методы синтеза систем стабилизации, основанные на традиционной теории автоматического управления, в ряде случаев приводят к системам, теряющим устойчивость при сколь угодно малых вариациях параметров. Такие системы, естественно, неработоспособны. Анализ показывает, что для проектирования пригодных для практического использования систем управления необходим учет именно случайного характера возмущающих воздействий. Только в этом случае возможно обеспечение критерия качества, отражающего действительные требования к функционированию реальной системы. Поэтому, приближение внешних нагрузок к реально действующему морскому волнению и ветровому воздействию является основным требованием для получения качественных результатов при расчетах. Особенно это важно в условиях Каспийского моря, в акватории которого, как показывает анализ данных многолетних гидрометеорологических наблюдений, нередко появление сочетания различных природных сил – ветра, течения, прилива или «постоянной составляющей» давления морских волн. Отметим, что такие уникальные дорогостоящие сооружения, как плавучие полупогружные буровые платформы, которые наиболее характерны для Каспия, возводят только над богатыми месторождениями нефти, и они имеют достаточно долгий, исчисляемый десятилетиями, срок службы, в течение которого возможно появление вышеописанных событий. На основе метода, разработанного под руководством профессора Санкт-Петербургского Государственно-го Университета Ю.П.Петрова и профессора Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии Н.Д.Абдуллаева, являющимся дальнейшим развитием и усовершенствованием традиционных методов теории автоматического управления в свете научных исследований последних лет,

была разработана методика синтеза стохастически оптимального регулятора стабилизации положения ПБУ в фиксированной точке с учетом статистических характеристик возмущающих воздействий в условиях Каспийского моря.

Изложим методику синтеза оптимального регулятора стабилизации. Поскольку производить вычисления в ручную можно лишь в простейших случаях, то в основу проектирования систем автоматического управления, обеспечивающих наилучшее качество стабилизации, возможное при заданных ограничениях и дополнительных требованиях к замкнутой системе, целесообразно положить прямой синтез на цифровых вычислительных машинах. С этой целью, предлагаемую методику синтеза стохастически оптимальных систем управления представим в виде легко реализуемого при помощи вычислительных машин алгоритма:

1. Математическое моделирование системы управления и приведение ее к виду :

$$A(D)x(t)=B(D)u(t)+\varphi(t). \quad (1)$$

2. Определение корреляционной функции реализаций волн Каспийского моря по экспериментально снятой зависимости $\varphi = f(t)$ на основе выражения:

$$K_{\varphi}(\tau)=D_{\varphi}e^{-\alpha\tau}(\cos\beta\tau+\gamma\sin\beta\tau). \quad (2)$$

3. Определение спектральной плотности мощности волнения в Каспийском море с использованием выражения:

$$S_{\varphi}(\omega) = D_{\varphi} \frac{2}{\pi} \left[\frac{\alpha(\alpha^2 + \beta^2 + \omega^2) + \gamma\beta(\alpha^2 + \beta^2 + \omega^2)}{(\alpha^2 + \beta^2 + \omega^2)^2 - 4\beta^2\omega^2} \right]. \quad (3)$$

4. Аналитическая аппроксимация $S_{\varphi}(\omega)$ в классе рациональных дробей вида:

$$S_{\varphi}(\omega) = D_{\varphi} \frac{2}{\pi} \frac{\alpha + \gamma\beta}{\alpha^2 + \beta^2} \left(1 + \frac{\alpha(3\beta^2 - \alpha^2) + \gamma\beta(\beta^2 - 3\alpha^2)}{(\alpha^2 + \beta^2)^2(\alpha + \gamma\beta)} \omega^2 \right). \quad (4)$$

5. Выбор критерия качества системы управления с учетом технико-экономических показателей. Как известно, в качестве критерия оптимальности системы может быть использован среднеквадратичный функционал:

$$J = m^2 \langle x^2 \rangle + \langle u^2 \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} 1/T \int_0^T (m^2 x^2 + u^2) dt. \quad (5)$$

6. Анализ предельных возможностей синтезируемой оптимальной системы управления.

7. Определение структуры оптимального регулятора $u=[W_1(D)/W_2(D)]x$ с использованием степени n полинома $A(D)$ системы управления, степени m полинома $B(D)$ и степеней p и q числителя и знаменателя спектральной плотности мощности возмущающего воздействия $\varphi(t)$:

$$S_{\varphi} = \frac{a_p (\omega^2)^p + a_{p-1} (\omega^2)^{p-1} + \dots + a_0}{b_q (\omega^2)^q + b_{q-1} (\omega^2)^{q-1} + \dots + b_0} \quad (6)$$

8. Обеспечение дополнительных практических требований к системе управления. Как известно, на практике очень часто имеют место отклонения действительных значений параметров от расчетных, т. к. любой расчет имеет ограниченную точность. В то же время в ходе работы системы ее параметры не остаются неизменными. Теряющие же устойчивость при незначительном отклонении параметров системы управления не

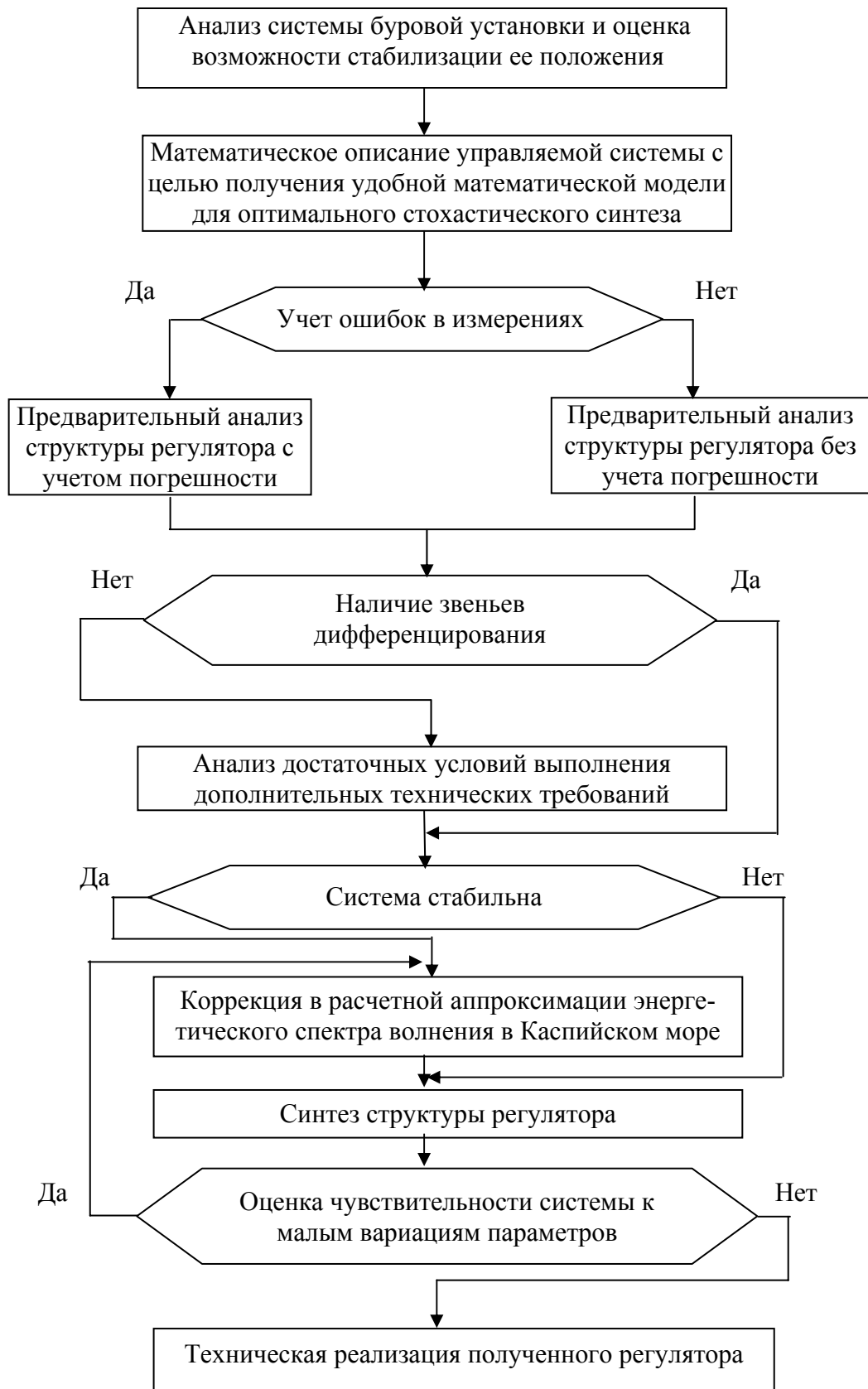


Рис. 1 Обобщенный алгоритм синтеза стохастически оптимального регулятора стабилизации положения ПБУ в условиях Каспийского моря

пригодны для практического использования. Поэтому при синтезе оптимального регулятора надо вводить дополнительное требование: замкнутая система должна быть не только устойчивой, но и сохраняющей устойчивость при малых отклонениях параметров от расчетных. Это достигается, когда в структуру оптимального регулятора не входят звенья идеального дифференцирования, т.е. при выполнении условия:

$$p \geq n + q - 1.$$

9. Синтез стохастически оптимального регулятора стабилизации местоположения ПБУ, подверженных действию случайных возмущений.

10. Анализ влияния вариаций параметров на устойчивость системы управления.

11. Техническая реализация оптимального регулятора стабилизации положения на базе данных синтеза для заданной буровой установки.

Обобщенный алгоритм синтеза стохастически оптимального регулятора стабилизации положения ПБУ в условиях Каспийского моря приведен на рисунке.

Оснащение ПБУ стохастическими оптимальными регуляторами, синтезированными по вышеизложенной методике, позволит расширить диапазон регулирования и повысит точность их удержания в заданном положении.

Выводы

1. Изложенная методика синтеза стохастически оптимальных систем управления в отличие от традиционных подходов к синтезу, основанных на логарифмических амплитудно-частотных характеристиках или на расположении корней характеристического полинома, опирается на учет статистических характеристик реальных возмущающих воздействий, что позволяет обеспечить наилучшее возможное качество стабилизации ПБУ.

2. Рассмотренная методика синтеза стохастически оптимального регулятора, дополненная новым условием, предъявляемым к аналитической аппроксимации спектральной плотности мощности реальных возмущающих воздействий, более приемлема для практического применения.

3. Предложенная методика синтеза стохастически оптимального регулятора сформулирована в виде четкого алгоритма и допускает реализацию в виде программы для быстродействующей вычислительной машины, поскольку для систем управления выше первого-второго порядка объем необходимых вычислений для ручного счета слишком велик.

-
1. *Абдуллаев Н.Д., Петров Ю.П.* Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов, Л.: Энергоатомиздат, 1985.-240 с.
 2. *Абдуллаев Н.Д., Мустафаев Р.И., Мустафаев А.Ф.* Стохастически оптимальная система стабилизации положения плавучих буровых установок. Проблемы Энергетики. 2001 - №2, с18-20.
 3. *Мустафаев А.Ф.* Некоторые вопросы стабилизации плавучих буровых установок на Каспии. АНХ, 2001, № 8 , с.35-38.
 4. *Петров Ю.П.* Синтез оптимальных систем управления при не полностью известных возмущающих силах. Л., ЛГУ, 1987, 289 с.
 5. *Петров Ю.П.* Новые главы теории управления. СПб., СПбГУ, 2000, 155 с
 6. *Веремей Е.И., Корчанов В.М., Коровкин М.В., Погожев С.В.* Компьютерное моделирование систем управления движением. СПб., 2002. 23,1 п.л.

**XƏZƏR DƏNİZİ ŞƏRAİTİNDƏ ÜZƏN QAZMA QURĞULARININ
VƏZİYYƏTİNİ STABİLLƏŞDİRƏN STOXAŞTİK OPTİMAL
TƏNZİMLƏYİCİNİN SİNTEZ METODİKASI**

MUSTAFAYEV A.F.

Təqdim olunan məqalədə Xəzər dənizi şəraitində təsadüfi xarici təsirlənmələrdə üzən qazma qurğularının (ÜQQ) vəziyyətini stabilləşdirən stoxastik optimal tənzimləyicinin sintez metodikası təklif olunur. Bu metodika, küləyin və dəniz dalğalanmasının təsirinə məruz qalan üzən yarımdalma qazma platformalarının (ÜYQP) vəziyyətinin stabilləşməsində istifadə oluna bilər.

**SYNTHESIS METHOD OF STOCHASTIC OPTIMAL REGULATOR FOR
STABILIZATION OF POSITION OF FLOATING DRILLING INSTALLATIONS
IN CONDITIONS OF CASPIAN SEA**

MUSTAFAYEV A.F.

In presented article in conditions of Caspian Sea of the stochastic optimal regulator of floating drilling installations (FDI) subject to action of casual indignations is offered. The synthesis method given way may be used for stabilization of a site floating semi submergible chisel platforms (FSCP) testing influences of a wind and sea excitement.