

6. Артемьев, К.А. Дорожные машины: в 2 частях. Ч II. Машины для устройства дорожных покрытий. Учебник для вузов / А.К. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов и др. – М.: Машиностроение, 1982. –396 с.

7. Пол, Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора: пер. с англ. / Р. Пол. – М.: Наука, 1976. – 104 с.

8. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: в 6 т. Т. 5. Моделирование робототехнических систем и гибких автоматизированных производств /под ред. И.М. Макарова. – М.: Высш. шк., 1986.– 175 с.

ATHEMATICAL MODEL OF THE COMPLEX DYNAMIC SYSTEM "PERTURBATION INFLUENCES-MACHINE- OPERATOR"

P.A. Korchagin, I.A. Teterina

Abstract. The authors describe a mathematical model of the dynamic system "perturbation influences-machine- operator". There is presented a design scheme of a road sweeping machine (RSM) on the basis of MTZ-80. There is carried out a method of forming dynamic equation for complex dynamic systems "perturbation influences-machine- operator". Also the article reflects calculation dependences for determining perturbation dependences from the direction of micropattern, power installation and brush-type operating device.

Keywords: mathematical model, road sweeping machine, vibration protection.

References

1. Korchagin P.A. Matematicheskaja model' dinamičeskoj sistemy [Mathematical model of a dynamic system]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 4(32), pp. 91-95.

2. Zenkevich S.L., Yushchenko A.S. *Upravlenie robotami. Osnovy upravlenija manipuljacionnymi robotami* [Robot control. Fundamentals of controlling manipulation robots: textbook for universities]. Moscow, Izd-vo MGTU im. N. Uh. Bauman, 2000. 400 p.

3. *Snizhenie dinamičeskih vozdeystvij na odnokovšovyj jekskavator. Monografija* [The reduction of dynamic effects on a single-bucket excavator].

V. S. Shcherbakov, P. A. Korchagin. Omsk: Publishing Services, 2000. 147 p.

4. *Vibracija v tehnike: spravočnik* [Vibration in technique: Handbook]. In 6 Vols / ed. by V. N. Chelomey. T. 6. Protection from vibration and impacts. edited by K. V. Frolov. Moscow, Mashinostroenie, 1981. 456 p.

5. Afanasiev V.L. Khachaturov A.A. *Statističeskie harakteristiki mikroprofilej avtomobil'nyh dorog i kolebanij avtomobilja* [Statistical characteristics of microprofiles of motor roads and automobile's vibration.] *Automotive*, 1966, no 2. pp. 21-23.

6. Artemyev K.A. Alekseeva T.V., Belokrylov V.G. *Dorozhnye mashiny: v 2 chastjah. Ch II. Mashiny dlja ustrojstva dorozhnyh pokrytij. Učebnik dlja vuzov* [Road machinery: in 2 parts. P II. Machines for road covering]. Moscow, Mashinostroenie, 1982.396 p.

7. Paul R. [Modeling, trajectory planning and motion control of a robot manipulator]. R. Paul. Moscow, Nauka, 1976. 104 p.

8. *Robototehnika i gibkie avtomatizirovannye proizvodstva* [Robotics and flexible automated production: in 6 volumes. Vol. 5. Simulation of robotic systems and flexible automated production] ed. by I. M. Makarov. Moscow, Higher. Sch., 1986. 175 p.

Корчагин Павел Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: korchagin_pa@mail.ru).

Тетерина Ирина Алексеевна (Россия, г. Омск) – аспирантка кафедры «Механика», ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: teterina_ia@sibadi.org).

Korchagin Pavel Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, 5 Mira st., email: korchagin_pa@mail.ru).

Teterina Irina Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – graduate student of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, 5 Mira st., email: teterina_ia@sibadi.org).

УДК 681.51:621.878

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖЕНИЕМ ВИНТОВОЙ СВАИ

И.В. Лазута, Е.Ф. Лазута
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Значительное внимание в исследованиях системы автоматического управления погружением винтовой сваи уделяется конструктивным параметрам системы. Авторами приводятся статические характеристики выходных параметров системы и устанавливаются границы изменения конструктивных параметров системы. Также проводится анализ качества регулирования системы, обосновываются исследуемые параметры и устанавливаются зависимости качества регулирования и эффективности погружения сваи от исследуемых параметров.

Ключевые слова: анализ, автоматическая система, винтовая свая, статическая характеристика, переходная характеристика, качество регулирования.

Введение

Математическое описание системы автоматического управления (САУ) погружением винтовой сваи, представленное авторами в предыдущей статье «Система автоматического управления погружением винтовой сваи» [1], позволяет проводить моделирование в программе Simulink [2]. Теоретические исследования математической модели САУ будут направлены на установление границ изменения конструктивных параметров и анализ их влияния на качество регулирования выходных параметров системы для конкретных внешних условий.

Анализ параметров системы

Под конкретными внешними условиями понимаются коэффициенты общей и упругой деформации грунта C_1 и C_2 ; показатель, характеризующий процесс деформации, μ ; коэффициент трения грунта по стали f , которые в совокупности с конструктивными параметрами винтовой сваи: половиной угла заострения конуса β ; радиусом башмака R ; углом подъема винтовой линии лопасти γ ; половиной угла заострения винтовой лопасти α ; шириной лопасти сваи B ; числом витков лопасти n ; наружным радиусом обсадной трубы r ; высотой башмака H ; шагом лопасти H_n ; весом сваи G_c ; дают значения величин вертикальной силы сопротивления погружению F и момента сопротивления вращению сваи M . Значения силы F и момента M для конкретных внешних условий при моделировании взяты из исследований Н.Б. Баранова [3].

Согласно проведенному анализу структуры САУ [1], исследуемые параметры должны быть связаны с исполнительной частью системы – гидроприводами вращения и подачи сваи, а также механизмом погружения [1,4]: параметры регулирования рабочего объема гидронасоса – e_{H1} и e_{H2} ; номинальные рабочие объемы гидронасосов – q_{HM1} и q_{HM2} ; номинальные рабочие объемы гидромоторов – q_{M1} и q_{M2} ; передаточные отношения редукторов вала отбора мощности ДВС и механизма погружения по каналу вращения и подачи сваи – i_{TP1} , i_{TP2} , i_{MP1} , i_{MP2} и R_B .

Для проведения теоретических исследований введем понятие коэффициент трансформации гидропередачи $K_{ГП}$ и передаточное число гидропередачи $U_{ГП}$. При угловой частоте вращения вала гидронасоса ω_H и гидромотора ω_M передаточное число гидропередачи имеет вид [5]:

$$U_{ГП} = \frac{\omega_M}{\omega_H} \tag{1}$$

С учетом объемных КПД гидронасоса η_{OH} и гидромотора η_{OM} , а также параметра регулирования e_H , из условия неразрывности потока жидкости получим выражение [5]:

$$4 \frac{q_{HM} \cdot e_H \cdot \omega_H \cdot \eta_{OH}}{2\pi} = \frac{q_M \cdot \omega_M}{2\pi \cdot \eta_{OM}} \cdot 4 \tag{2}$$

Принимая $\eta_{OH} \cdot \eta_{OM} = \eta_O$, где η_O – объемный КПД гидропередачи, получим [5]:

$$U_{ГП} = \frac{q_{HM} \cdot e_H \cdot \eta_O}{q_M} \tag{3}$$

При моменте на валу гидронасоса M_H и на валу гидромотора M_M коэффициент трансформации гидропередачи имеет вид [5]:

$$K_{ГП} = \frac{M_M}{M_H} \tag{4}$$

С учетом механических КПД гидронасоса η_{MH} и гидромотора η_{MM} , а также параметра регулирования e_H , принимая механический КПД гидропередачи $\eta_{MH} \cdot \eta_{MM} = \eta_M$, имеем [5]:

$$K_{ГП} = \frac{q_M \cdot \eta_M}{q_{HM} \cdot e_H} \tag{5}$$

Обозначая общий КПД гидропередачи $\eta_{ГП} = \eta_O \cdot \eta_M$, получим [5]:

$$\eta_{ГП} = K_{ГП} \cdot U_{ГП} \tag{6}$$

Значения основных параметров гидропередач нельзя выбирать произвольно. Так, номинальные давления в гидросистеме принимают по ГОСТ 12445-80, а номинальные рабочие объемы гидронасосов и гидромоторов – по ГОСТ 13824-80 [6,7].

Основной величиной, влияющей на загрузку ДВС, является величина момента сопротивления на валу ДВС M_C . Согласно математической модели САУ погружением винтовой сваи в установившемся режиме данная величина определяется как [1]:

$$M_C = \frac{M \cdot \eta_{TP1}}{i_{MP1} \cdot i_{TP1}} \cdot \frac{1}{K_{ГП1}} + \frac{F \cdot R_B \cdot \eta_{TP2}}{2 \cdot i_{MP2} \cdot i_{TP2}} \cdot \frac{1}{K_{ГП2}} \tag{7}$$

Для оценки влияния внешних возмущающих воздействий и исследуемых параметров на загрузку ДВС были получены статические характеристики момента сопротивления на валу ДВС M_C при различных значениях коэффициентов трансформации гидропередачи приводов вращения и подачи $K_{ГП1}$, $K_{ГП2}$ и раз-

личных глубинах погружения сваи H_C для коэффициента общей деформации грунта $C_1 = 3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$ (рис.1) [3]. Для получения статических характеристик были приняты следующие значения КПД гидропередачи и транс-

миссии: $\eta_{M1} = \eta_{M2} = 0,92$; $\eta_{O1} = \eta_{O2} = 0,94$; $\eta_{TP1} = \eta_{TP2} = 0,88$.

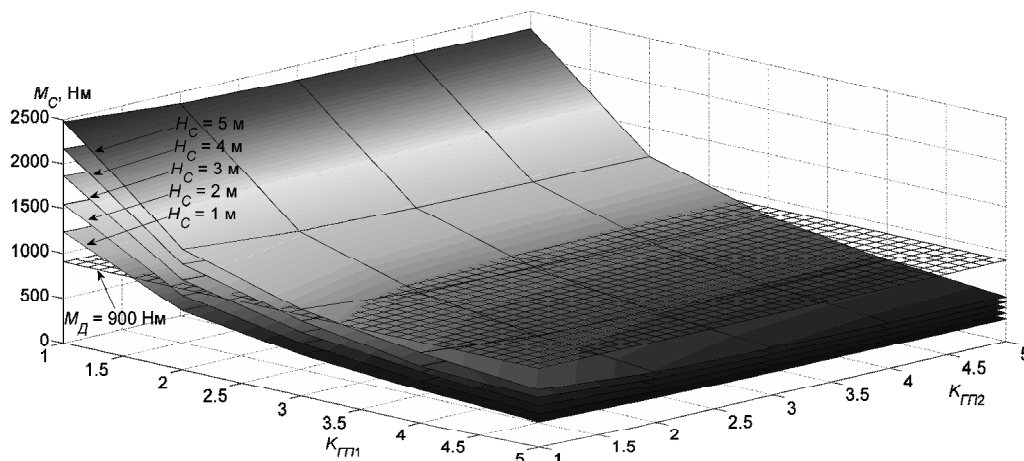


Рис. 1. Статические характеристики момента сопротивления на валу ДВС

Статические характеристики (рис.1) наглядно демонстрируют влияние коэффициентов $K_{ГП1}$ и $K_{ГП2}$ на момент сопротивления на валу ДВС M_C . С учетом зависимости коэффициента трансформации от отношения рабочих объемов гидронасоса и гидромотора (5), можно на стадии проектирования осуществлять предварительный расчет отношения ра-

бочих объемов гидромотора и гидронасоса q_M/q_{HM} . Угловая частота вращения ω_C является прямым показателем скорости погружения сваи [1]. Наглядно оценить влияние передаточного числа гидропередачи по каналу вращения сваи $U_{ГП1}$ на угловую частоту вращения сваи ω_C позволяет статическая характеристика (рис. 2).

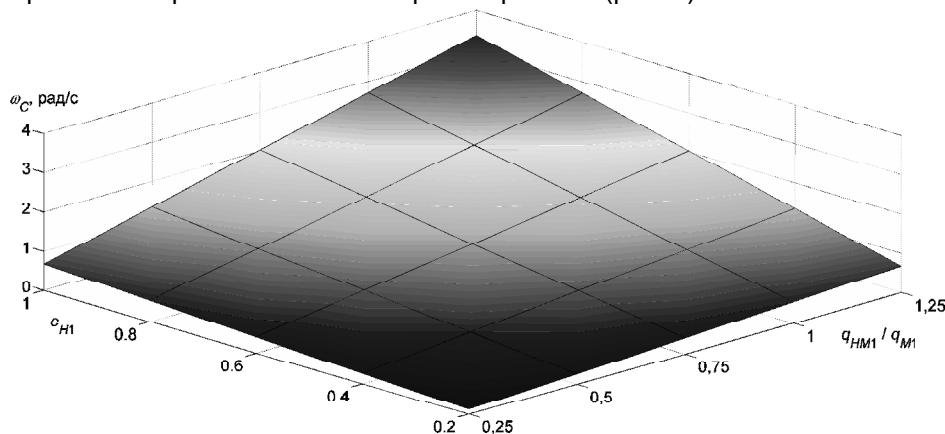


Рис. 2. Статическая характеристика угловой частоты вращения сваи

По статической характеристике (рис.2) можно наблюдать пропорциональную зависимость частоты вращения сваи ω_C от отношения номинальных рабочих объемов гидронасоса и гидромотора q_{HM1}/q_{M1} и параметра регулирования e_{H1} . В совокупности с зависимостью (7), можно сделать вывод, что в процессе регулирования момента на валу двигателя M_D скорость погружения сваи и момент сопротивления будут изменяться в зависимости от параметра регулирования e_{H1} .

Давление в гидросистеме будет зависеть от внешних воздействий на сваю со стороны

грунта. Для оценки влияния исследуемых параметров на давление в гидросистеме была получена статическая характеристика давления в напорной линии гидропередачи вращения сваи P_{H1} при различных значениях рабочего объема гидромотора q_{M1} и передаточного отношения редуктора механизма погружения $i_{МП1}$ для коэффициента общей деформации грунта $C_1 = 3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$ и максимального момента сопротивления завинчиванию сваи M_{max} (рис.3).

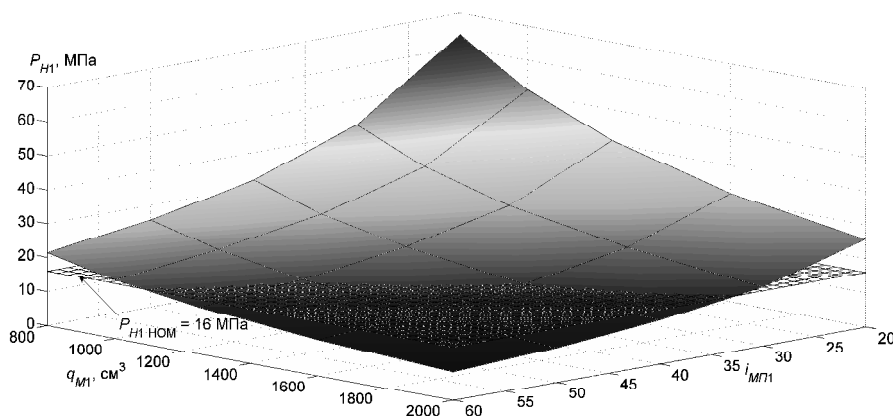


Рис. 3. Статическая характеристика давления в напорной линии гидропередачи вращения сваи

Таким образом, при проектировании (САУ) погружением винтовой сваи значения рабочих объемов гидромотора q_{M1} , q_{M2} и передаточных отношений редукторов механизма погружения i_{MP1} и i_{MP2} необходимо выбирать согласно с номинальными рабочими давлениями в гидросистеме по ГОСТ, исходя из следующих неравенств. Для гидропередачи привода вращения сваи [4]:

$$P_{H1_НОМ} \geq \frac{2\pi \cdot M_{\max}}{q_{M1} \cdot i_{MP1} \cdot \eta_{MM1}}; \quad (8)$$

для гидропередачи привода подачи сваи [4]:

$$P_{H2_НОМ} \geq \frac{\pi \cdot F_{\max} \cdot R_B}{q_{M2} \cdot i_{MP2} \cdot \eta_{MM2}}. \quad (9)$$

где F_{\max} – максимальное значение вертикальной силы сопротивления погружению сваи F для конкретных внешних условий.

Для оценки качества регулирования и динамических свойств САУ воспользуемся наиболее распространенной при анализе систем

переходной временной характеристикой [8]. Далее рассмотрим переходные процессы момента на валу двигателя M_D в процессе погружения сваи.

Основной величиной, влияющей на изменения момента ДВС M_D , является момент сопротивления на валу ДВС M_C . В установившемся режиме M_C определяется согласно (5) и (7) как [4]:

$$M_C = \frac{M \cdot \eta_{TP1} \cdot q_{HM1} \cdot e_{H1}}{i_{MP1} \cdot i_{TP1} \cdot q_{M1} \cdot \eta_{M1}} + \frac{F \cdot R_B \cdot \eta_{TP2} \cdot q_{HM2} \cdot e_{H2}}{2 \cdot i_{MP2} \cdot i_{TP2} \cdot q_{M2} \cdot \eta_{M2}}. \quad (10)$$

Анализ зависимости (10) совместно с условиями (8) и (9) показал, что отношения номинальных рабочих объемов гидронасосов к передаточным отношениям редукторов вала отбора мощности ДВС – q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} будут оказывать существенное влияние на качество регулирования САУ. Переходные характеристики момента M_D при различных коэффициентах q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} , представленные на рисунках 4 и 5, позволяют оценить качество регулирования САУ [4].

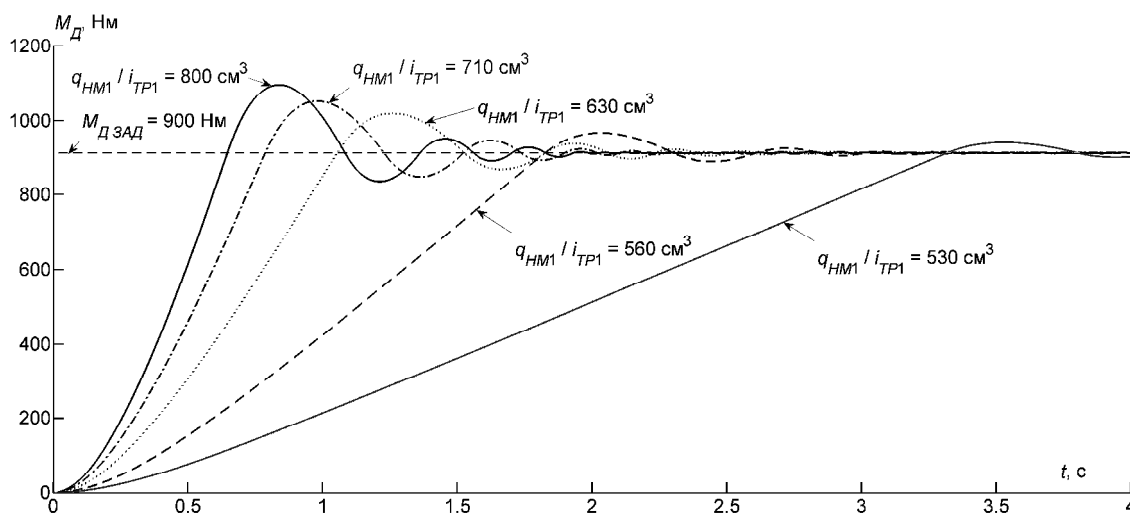


Рис. 4. Переходная характеристика момента на валу ДВС при различных q_{HM1}/i_{TP1}

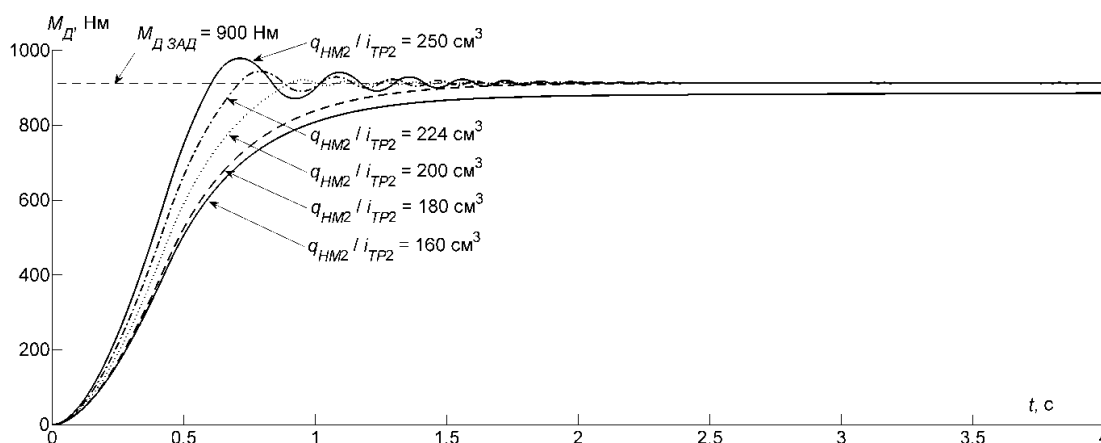


Рис. 5. Переходная характеристика момента на валу ДВС при различных q_{HM2}/i_{TP2}

По полученным переходным характеристикам можно проследить зависимость между перерегулированием момента на валу двигателя σ_M и параметрами q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} в переходном режиме. Увеличение параметров q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} отрицательно сказывается на качестве регулирования САУ – увеличивается перерегулирование σ_M . Для решения задач анализа САУ необходимо выявить зависимости времени погружения сваи t_C и перерегулирования момента на валу ДВС σ_M от исследуемых параметров q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} . Под временем погружения сваи понимается время от подачи сигнала включения на систему до достижения сваей определенной заданной глубины H_{C_3AD} [4]. В качестве примера приведены данные исследования для сваи с радиусом $R = r = 0,1405$ м, числом витков $n = 4,25$, заворачиваемой в тугопластичный суглинок с коэффициентом общей деформации грунта $C_1 = 1,7 \cdot 10^6$ Н/м³ на глубину $H_{C_3AD} = 5,85$ м. Максимальная сила и момент сопротивления погружению при заворачивании составили: $F_{max} = 206650$ Н, $M_{max} = 156270$ Нм при номинальном давлении в гидросистеме $P_{H1_НОМ} = P_{H2_НОМ} = 16$ МПа [4].

Номинальные рабочие объемы гидромоторов q_{M1} , q_{M2} при моделировании выбирались из стандартного ряда согласно ГОСТ 13824-80, а параметры механизма погружения i_{MP1} , R_B и i_{MP2} с учетом условий (8), (9). По данным условиям для конкретной серии гидронасосов и гидромоторов:

$$q_{M1} \cdot i_{MP1} \geq 0,0643; \quad (11)$$

$$\frac{q_{M2} \cdot i_{MP2}}{R_B} \geq 0,0425. \quad (12)$$

Для исследования выбраны следующие значения номинальных рабочих объемов гидромоторов: $q_{M1} = 1000$ см³, $q_{M2} = 500$ см³ и параметров механизма погружения: $R_B = 0,15$ м; $i_{MP1} = 64,3$; $i_{MP2} = 12,75$. Полученные статические характеристики времени погружения сваи t_C и перерегулирования момента на валу ДВС σ_M от исследуемых параметров q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} представлены на рисунках 6 и 7. Для наглядности на графиках обозначен порог ограничения по перерегулированию σ_{M_3AD} , принятый, согласно требованиям к системам автоматики, равным 10% [8].

Анализ зависимости, приведенной на рисунках 6 и 7, показал, что время погружения сваи t_C явно зависит от обоих исследуемых параметров q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} , что объясняется динамикой процесса погружения во время автоматического управления выходными параметрами и оптимальностью загрузки силового агрегата – ДВС. При определенных значениях q_{HM1}/i_{TP1} и q_{HM2}/i_{TP2} имеется минимум времени погружения сваи, что является признаком наиболее эффективной работы САУ погружением винтовой сваи. Однако с уменьшением времени погружения сваи t_C растет перерегулирование σ_M , что является отрицательным фактором, который свидетельствует о нерациональном использовании ресурсов мощности ДВС. Увеличение времени погружения сваи t_C в крайнем диапазоне изменения исследуемых параметров объясняется возрастающей вместе с перерегулированием момента σ_M колебательностью переходного процесса регулируемой величины – момента на валу ДВС M_d , что может привести, в конечном счете, к неустойчивости САУ.

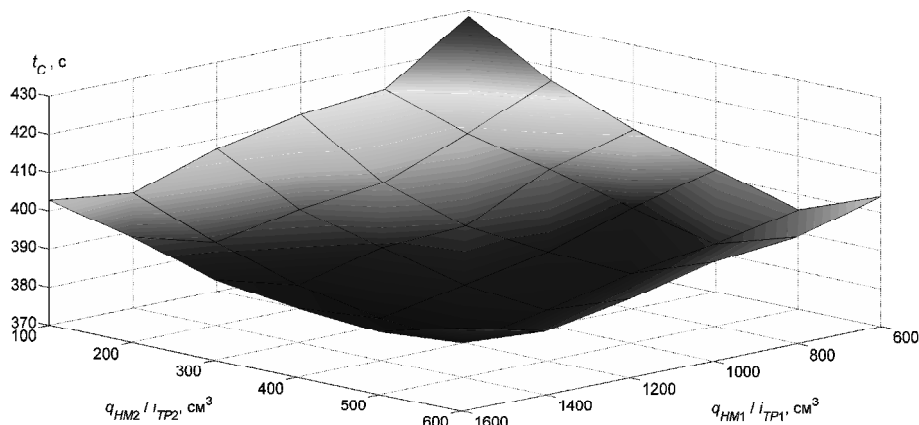


Рис. 6. Статическая характеристика времени погружения сваи

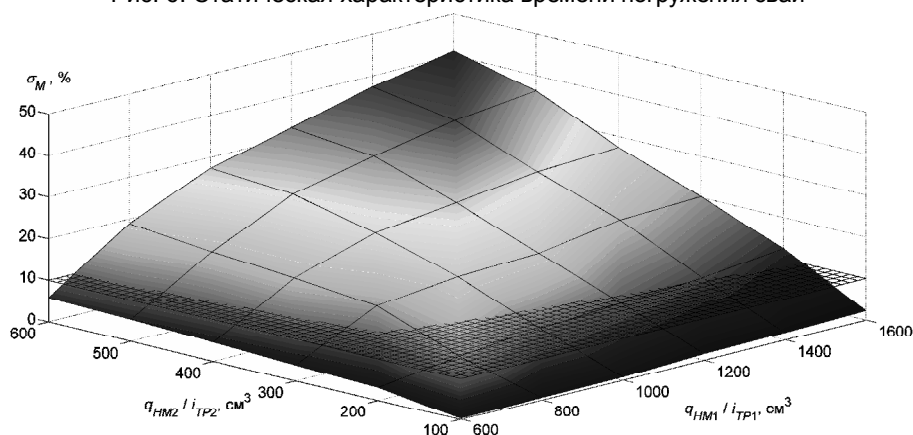


Рис. 7. Статическая характеристика перерегулирования момента на валу ДВС

Заключение

Теоретические исследования САУ погружением винтовой сваи, представленные в статье, наглядно демонстрируют статические и переходные характеристики системы, позволяют определить допустимые границы изменения конструктивных параметров системы, а также обосновать исследуемые параметры, наиболее явно влияющие на качество регулирования САУ и эффективность процесса погружения винтовой сваи. Проведенные исследования могут служить основой инженерного анализа и оптимизации на стадии проектирования САУ.

Библиографический список

1. Лазута, И.В. Система автоматического управления погружением винтовой сваи / И.В. Лазута, Е.Ф. Лазута // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 4. – С. 130-138.
2. Ануфриев, И.Е. MATLAB 7: учебник / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
3. Баранов, Н.Б. Обоснование параметров и режимов работы оборудования для устройства винтонабивных свай: дис. ... канд. техн. наук / Н. Б. Баранов. – Омск: СибАДИ, 2008. – 177 с.
4. Денисова, Е.Ф. Система автоматизации проектирования основных параметров устройства управления погружением винтовой сваи: дис. ... канд. техн. наук / Е.Ф. Денисова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 146 с.
5. Федорев, В.А. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков: учеб. пособие / В.А. Федорев, М.Н. Педченко, А.Ф. Пичко, Ю.В. Пересадыко, В.С. Лысенко. – Киев: Высшая школа. Главное изд-во, 1987. – 375 с.
6. ГОСТ 12445-80 (ИСО 2944). Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Номинальные давления. Введен 1980-07-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 3 с.
7. ГОСТ 13824-80. Гидроприводы объемные и смазочные системы. Номинальные рабочие объемы. Введен 1980-07-01. – Москва: Изд-во стандартов, 2000. – 4 с.
8. Щербаков, В.С. Теория автоматического управления. Линейные непрерывные системы: учебное пособие / В.С. Щербаков, И.В. Лазута. – Омск: СибАДИ, 2013. – 142 с.

THEORETICAL RESEARCH OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL DIVE OF THE SCREW PILES

I.V. Lazuta, E.F. Lazuta

Abstract. Considerable attention in the research of the system of automatic control dive of the screw

piles is paid the constructive parameters of the system. The authors propose static characteristics of the output parameters of the system and set the limits of variation of constructive parameters. Also, held an analysis of the quality of regulation of the system, substantiates the researched parameters and set depending the quality of regulation and the effectiveness of dive piles from the investigated parameters.

Keywords: analysis, the automatic system, the screw pile, the static characteristic, the transient response, the quality of regulation

References

1. Lazuta I.V., Lazuta E.F. *Sistema avtomaticheskogo upravleniya pogruzeniem vintovoj svai* [The system of automatic control dive of the screw piles]. Vestnik SibADI, 2015, no 4, pp. 130-138.
2. Anufriev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. *MATLAB 7 [MATLAB 7]*. St. Petersburg, BHV- Petersburg Publ., 2005. 1104 p.
3. Baranov N.B. *Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty oborudovaniya dlja ustrojstva vintonabivnyh svaj*. Diss. kand. tekhn. nauk [Justification of parameters and modes of operation of the equipment for the device for the screw piles. Cand.Tech.Sci. diss.]. Omsk, SibADI Publ., 2008. 177 p.
4. Denisova E.F. *Sistema avtomatizacii proektirovaniya osnovnyh parametrov ustrojstva upravleniya pogruzeniem vintovoj svai*. Diss. kand. tekhn. nauk [System computer-aided design of the basic parameters of control device dive of the screw piles. cand .tech. sci. diss.]. Omsk, SibADI Publ., 2011. 146 p.
5. Fedorec V.A., Pedchenko M.N., Pichko A.F., Peresad'ko Ju.V., Lysenko V.S. *Gidroprivody i gidropneumoavtomatika stankov* [Hydraulic actuator and hydro- pneumatic automatics machines]. Kiev. High School Publ., 1987. 375 p.

6. GOST 12445-80. *Gidroprivody ob'emnye, pnevmoprivody i smazochnye sistemy. Nominal'nye davlenija* [ISO 2944. Hydraulic drives volumetric, pneumatic actuators and lubrication systems. Nominal pressures]. Introduced 01/07/1980. Moscow. House of Standards Publ., 1982. 3 p.

7. GOST 13824-80. *Gidroprivody ob'emnye i smazochnye sistemy. Nominal'nye rabochie ob'emy* [State standard Hydraulic drives volumetric and lubrication systems. Rated operating volumes]. Introduced 01/07/1980. – Moscow. House of Standards Publ., 2000. 4 p.

8. Shherbakov V.S., Lazuta I.V. *Teorija avtomaticheskogo upravlenija. Linejnye nepreryvnye sistemy* [Theory of automatic control. Linear continuous systems]. Omsk, SibADI Publ., 2013. 142 p.

Лазута Иван Васильевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.368, e-mail: livne@mail.ru).

Лазута Екатерина Федоровна (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.364, e-mail: lazutaef@mail.ru).

Lazuta Ivan Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Automation of production processes and electrical engineering" of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: livne@mail.ru).

Lazuta Ekaterina Fedorovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: lazutaef@mail.ru).

УДК 62.822

ПРИЛОЖЕНИЕ РЯДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА РЕКУПЕРАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПНЕВМОГИДРОАККУМУЛЯТОРА

Е.Ю. Руппель

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье предлагается метод решения математической модели с использованием пневмогидроаккумулятора для рекуперации кинетической энергии приведенной массы строительных машин. В данной статье доказано, что применение пневмогидроаккумулятора для рекуперации кинетической энергии поршня, к которому приведена масса движущейся части машины позволяет уменьшить мощность двигателя при его разгоне. Приведен пример расчета мощности, затрачиваемой двигателем внутреннего сгорания на разгон автомобиля при наличии системы рекуперации.

Ключевые слова: пневмогидроаккумулятора, система рекуперации, мощность двигателя.

Введение

Многие машины имеют периодический характер движения. Цикл их работы состоит

из разгона, равномерного движения и замедления (торможения). На разгон затрачивается много энергии, большая часть которой расхо-