

14. Способ и устройство для комплексной очистки выхлопных газов судового двигателя: пат. № 2644601. Рос. Федерация: МПК F01N 3/08 / Туркин А.В., Туркин В.А., Ежов В.С.; опубликовано 05.12.2017, Бюл. № 34. 2 с.
15. Turkin V.A., Pismenskaya Yu.V., Ignatenko G.V., Aleksandrova V.V. Carbon dioxide extraction from marine engine exhaust gases by the method of adsorption. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 872. 012007.
16. Kjølholt J., Aakre S., Jørgensen C., Lauridsen J. Assessment of possible impacts of scrubber water discharges on the marine environment. Environmental Project № 1431. Danish Environmental Protection Agency. 2012. 93 p.
17. Уайлз Д. Вперёд на всех парах. Международный журнал компании Альфа Лаваль Here. 2012. 30. 11-12.

References

1. Shurpyak V.K., Tolmachev S.A., Musonov M.V. New IMO requirements for the reduction of carbon dioxide emissions from ships engaged in transport work. Scientific and technical collection of the Russian Maritime Register of Shipping. 2021. 64/65. 4-18.
2. Modina M.A., Khekert E.V., Voskanian A.A., Pismenskaia Yu.V., Epikhin A.I., Shkoda V.V. 2021. Bioindication and biomonitoring assessment of the state of atmospheric air and soil in the study area *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 867. 012072.
3. Modina M.A., Kheckert E.V., Epikhin A.I., Voskanyan A.A., Shkoda V.V., Pismenskaya Yu.V. 2021. Ways to reduce harmful emissions from the operation of power plants in special environmental control areas *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 867. 012104.
4. Can humans influence the climate? <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=9049> (date of the application 14.11.2022).
5. Epikhin A.I., Modina M.A., Heckert E.V. The concept of environmental improvement of ship power plants. Operation of maritime transport. 2020. 3 (96). 127-132.
6. Kikkinides E.S., Yang R.T., Cho S.H. Concentration and recovery of carbon dioxide from flue gas by pressure swing adsorption. *Ind. Eng. Chem. Res.* 1993. 32. 2714-2720.
7. Chue K.T., Kim J.N., Yoo Y.J., Cho S.H., Yang R.T. Comparison of activated carbon and zeolite 13X for CO₂ recovery from flue gas by pressure swing adsorption. *Ind. Eng. Chem. Res.* 1995. 34. 591-598.
8. Ishibashi, M., Ota, H., Akutsu, N., Umeda, S., Tajika, M., Izumi, J., Yasutake, A., Kabata, T., Kageyama, Y.: Technology for removing carbon dioxide from power plant flue gas by the physical adsorption method. *Energy Convers. Manag.* 1996. 37. 929-933.
9. Bui M., Adjiman C.S., Bardow A., et al. Carbon capture and storage (CCS): the way forward. *Energy Environ. Sci.* 2018. 11. 1062-1176.
10. Ahmed I., Jhung S.H. Applications of metal-organic frameworks in adsorption/ separation processes via hydrogen bonding interactions. *Chem. Eng. J.* 2017. 310.197-215.
11. Webley P.A. Adsorption technology for CO₂ separation and capture: a perspective. *Adsorption*. 2014. 20. 225-231.
12. Saima W.H., Mogi Y., Haraoka T. Development of PSA System for the Recovery of Carbon Dioxide and Carbon Monoxide from Blast Furnace Gas in Steel Works. *Energy Procedia*. 2013. 37. 7152-7159.
13. Mirza N., Kearns D. State of the Art: CCS Technologies 2022. Global CCS Institute. 2022. 160 p.
14. Turkin A.V., Turkin V.A., Ezhov V.S. Method and device for complex purification of exhaust gases of a marine engine: Pat. No. 2644601. Ros. Federation: IPC F01N 3.08. Published on 05.12.2017, Bull. 34. 2 s.
15. Turkin V.A., Pismenskaya Yu.V., Ignatenko G.V., Aleksandrova V.V. Carbon dioxide extraction from marine engine exhaust gases by the method of adsorption. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 872. 012007.
16. Kjølholt J., Aakre S., Jørgensen C., Lauridsen J. Assessment of possible impacts of scrubber water discharges on the marine environment. Environmental Project № 1431. Danish Environmental Protection Agency. 2012. 93 p.
17. Wiles D. Full steam ahead. Alfa Laval's international magazine Here. 2012. 30. 11-12.

УДК 621.431.74/62-971.4

DOI: 10.34046/aumsuomt105/29

РАСЧЕТ БАРИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СМЕШАННЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Косолап Ю.Г., кандидат технических наук, доцент
 Черкасов А.В., кандидат технических наук, доцент
 Данцевич И.М., кандидат технических наук
 Лютикова М.Н., кандидат технических наук, доцент

В статье приводятся рассчитанные оптимальные значения барических коэффициентов теплопроводности, отвечающие минимуму квадратичного функционала в сравнение барических зависимостей водных растворов этиленгликоля и электролитов в системах охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания. Для барических зависимостей растворов электролитов получено уравнение, позволяющее рассчитывать теплопроводность смешанных растворов при любых давлениях со средней погрешностью 1,2%. Научный интерес заключается в изучении характера зависимости барических коэффициентов теплопроводности смешанных растворов электролитов от температуры при использовании последних наряду с теплоносителями на этиленгликолях.

Ключевые слова: Давление в системе охлаждения, теплопроводность смешанных растворов электролитов, барический коэффициент, концентрация водного раствора охлаждающей жидкости, концентрации бинарных растворов.

CALCULATION OF BARIQUE THERMAL CONDUCTIVITY COEFFICIENTS OF MIXED SOLUTIONS OF ELECTROLYTES

Y.G. Kosolap, A.V. Cherkasov, I. M. Dantsevich, M.N. Lyutikova

In the paper presents the calculated optimal values of the baric thermal conductivity coefficients corresponding to the minimum of the quadratic functional in comparison with the baric dependences of aqueous solutions of ethylene glycol and electrolytes in the cooling systems of marine internal combustion engines. For the pressure dependences of electrolyte solutions, an equation was obtained that makes it possible to calculate the thermal conductivity of mixed solutions at any pressure with an average error of 1.2%. Scientific interest lies in the study of the nature of the dependence of the baric coefficients of thermal conductivity of mixed electrolyte solutions on temperature when using the latter along with ethylene glycol coolants.

Keywords: Pressure in the cooling system, thermal conductivity of mixed electrolyte solutions, baric coefficient, concentration of an aqueous solution of a cooling liquid, concentrations of binary solutions.

Введение

Теплопроводность водных растворов теплоносителей сказывается на показателях барических зависимостей в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания.

Охлаждающие жидкости, применяемые в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания обычно имеют гликолевую основу. Антифризы на основе гликоля [1-2] в эксплуатации не теряют свойств жидкостного трения, однако зависимы от давления охлаждающей жидкости в

системе охлаждения, вследствие истощения ингибиторов со временем, что со временем требует замены охлаждающей жидкости. Уровень гликоля в охлаждающей смеси, дает представление о температуре замерзания (рисунок 1) и температуры кипения.

Как следует из рисунка 1, концентрация водного раствора охлаждающей жидкости должна быть между 33% и 50% для достижения наилучших результатов.

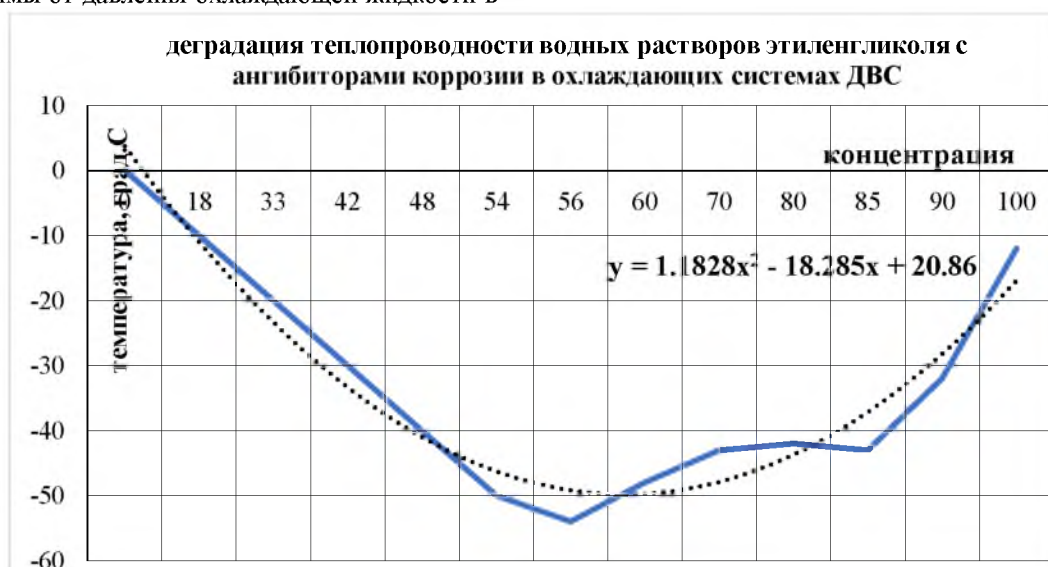


Рисунок 1 – Зависимости теплопроводности водных растворов этиленгликолей в системах охлаждения ДВС

В отличие от этиленгликолей барический коэффициент B_{λ} теплопроводности смешанных растворов электролитов является температурной функцией и не зависит от давления. С ростом температуры барический коэффициент достигает

максимума и затем убывает. Для воды максимум приходится на 300К. На эту температуру приходится минимум сжимаемости и максимум термического расширения воды. В этой области темпе-

ратур тепловое расширение воды почти не зависит от давления. Барический коэффициент A_λ не зависит от температуры и давления.

Методы и материалы

Анализ уравнений, позволяющих с той или иной степенью точности определить коэффициент теплопроводности жидкостей под давлением, показал уравнение удовлетворительно описывающее λ -P-T поверхность воды. Признано целесообразным применить эту форму уравнения для описания λ -P-T поверхности водных растворов солей смешанных растворов электролитов. Применялась методика поиска оптимальных значений барических коэффициентов [1-2, 4-6].

В результате граф аналитической обработки экспериментальных данных найдены барические коэффициенты $(\frac{\partial \lambda}{\partial P})_T$ смешанных растворов.

На рисунке 2 изображен характер изменения барических коэффициентов от температуры. Наблюдается минимум барических коэффициентов. Причем его положение зависит от состава раствора.

Условия измерения барических коэффициентов электролитов в зависимости от массового объема в водных растворах:

1. H₂O-KF-NaF $m_3=0,194$ мас.дол.
2. H₂O-KF-NaF $m_3=0,0094$ мас.дол.
3. H₂O-KF $m_3=0,0477$ мас.дол.

Для расчета барической зависимости теплопроводности смешанных растворов электролитов при различных температурах было использовано уравнение [1]. Оно имеет вид

$$\lambda_{p,T} = \frac{\lambda_{H_2O} - 0,307 \cdot (m_1 \frac{m_{s1}}{m_{s1}^*} + (m_2 \frac{m_{s2}}{m_{s2}^*}))}{1 - A_\lambda \ln \frac{B_{\lambda+P}}{B_{\lambda+P_0}}} \quad (1)$$

где: λ_{H_2O} - теплопроводность воды;

A_λ, B_λ -коэффициенты уравнения;

m_{s1}^* и m_{s2}^* - концентрации бинарных растворов, имеющих ту же активность воды, что и смешанный раствор концентрации m_{s1} и m_{s2} .

Уравнение (1) позволяет рассчитывать λ_p смешанных растворов при любых давлениях со средней погрешностью 1,2%.

Барические показатели одинарных и бинарных растворов электролитов имеют практически линейные зависимости от температуры, что позволяет иметь более гибкие возможности подбора ингибиторов коррозии, и допускает простую добавку в растворы электролитов вместо полной замены.

Важнейшим аспектом является возможность смешивания различных электролитов в водных растворах, что возможно в эксплуатационных режимах.

Зависимости различных мольных долей при смешивании различных электролитов также учитывались при оценках значений барических коэффициентов.

В таблице 1 приводятся значения коэффициентов A_λ, B_λ уравнения для смешанных растворов.

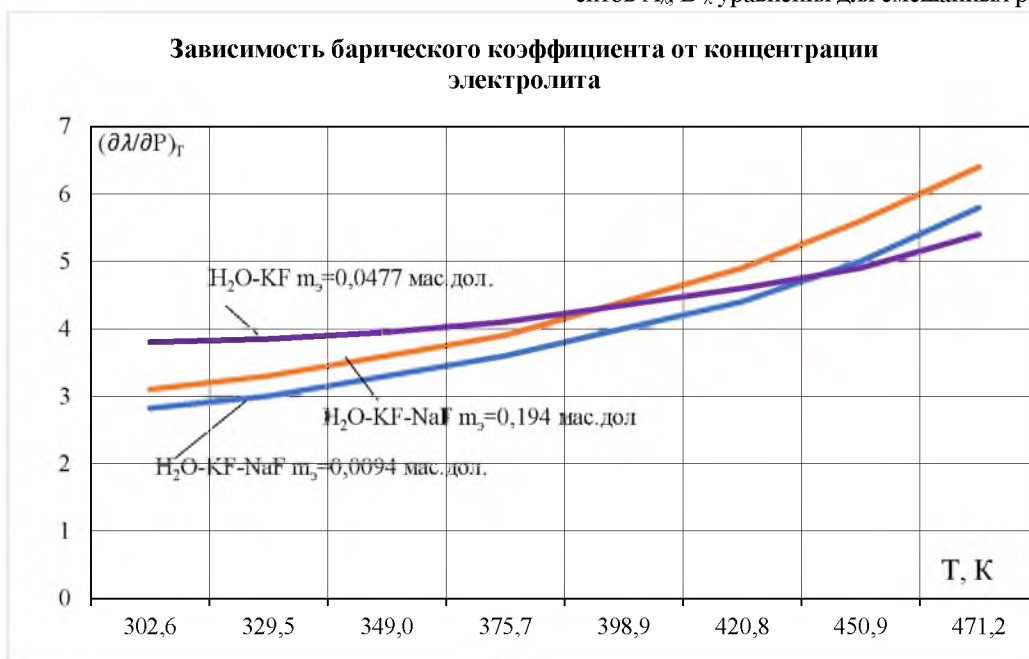


Рисунок 2 – Зависимость барического коэффициента $(\frac{\partial \lambda}{\partial P})_T$ смешанных водных растворов солей KF, NaF и бинарного раствора соли KF от температуры T, K при различной концентрации электролита

Таблица 1 – Значения коэффициентов A_λ , B_λ уравнения (1)

Раствор H ₂ O-KF-Na F				Раствор H ₂ O-KC l- K Br			
Концентрация солей				Концентрация солей			
M = 0, 0580 мас. дол.		M = 0, 0487 мас. дол.		M = 0, 1938 мас. дол.		M = 0, 2438 мас. дол.	
A _λ = 0,0893		A _λ = 0,1113		A _λ = 0,0939		A _λ = 0,0829	
S = 9,711·10 ⁻⁴ %		S = 7,006·10 ⁻⁴ %		S = 8,035·10 ⁻⁴ %		S = 8,567·10 ⁻⁴ %	
T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ
302,6	1424,67	303,2	1473,82	303,6	1268,41	299,6	1086,47
329,5	1321,96	329,0	1545,14	329,2	1289,05	327,7	1151,11
349,0	1237,89	349,4	1563,07	347,6	1339,37	347,7	1144,85
375,7	1121,15	376,0	1509,18	375,1	1331,85	375,4	1085,96
398,9	1046,20	398,5	1366,14	399,1	1231,92	399,3	1035,87
420,8	985,38	421,0	1179,90	421,0	1131,06	421,1	951,72
450,9	774,60	451,1	1091,71	449,8	936,49	450,7	797,62
471,2	588,69	471,4	1013,72	471,3	825,08	471,3	664,48
Раствор H ₂ O-KCl-KI				Раствор H ₂ O- KI- KF			
Концентрация солей				Концентрация солей			
M = 0, 1918 мас. дол.		M = 0, 0487 мас. дол.		M = 0, 1938 мас. дол.		M = 0, 2167 мас. дол.	
A _λ = 0,1099		A _λ = 0,0879		A _λ = 0,0868		A _λ = 0,0876	
S = 9,276·10 ⁻⁴ %		S = 1,869·10 ⁻³ %		S = 1,031·10 ⁻³ %		S = 5,172·10 ⁻³ %	
T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ
301,3	1404,96	301,3	1215,19	300,0	1525,91	300,5	1420,81
327,2	1581,44	326,1	1231,55	327,1	1372,04	329,6	1427,86
346,5	1552,54	347,8	1127,02	349,2	1323,61	350,5	1359,99
375,3	1434,62	375,1	1087,55	376,0	1280,31	375,5	1261,22
399,1	1384,45	400,3	1012,73	399,9	1150,94	398,9	1201,51
420,8	1104,79	424,3	903,85	420,7	1075,36	420,6	1148,46
450,5	905,52	449,7	753,31	450,4	942,91	450,8	1072,24
471,2	-	471,4	607,95	471,3	825,41	471,2	1021,91
Раствор H ₂ O- KI- KF				Раствор H ₂ O- KI- KF			
Концентрация солей				Концентрация солей			
M = 0, 3149 мас. дол.		M = 0,2070 мас. дол.		M = 0,1836 мас. дол.			
A _λ = 0,0729		A _λ = 0,1109		A _λ = 0,1112			
S = 1,1006·10 ⁻³ %		S = 9,125·10 ⁻⁴ %		S = 5,852·10 ⁻⁴ %			
T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ		
300,9	1415,82	301,7	1789,86	301,0	1712,13		
327,8	1120,94	327,3	1669,04	328,9	1873,92		
353,8	1107,59	351,1	1582,44	349,2	1808,45		
375,4	1054,04	375,8	1514,63	376,4	1689,74		
399,5	1060,00	396,7	1450,26	397,9	1577,22		
421,0	980,10	420,8	1339,70	420,4	1445,71		
450,4	879,39	451,4	1143,74	450,7	1198,53		
471,4	823,30	471,3	1048,76	471,2	1021,08		
Раствор H ₂ O-KBr-KI				Раствор H ₂ O-KBr-KI			
Концентрация солей				Концентрация солей			
M = 0, 2569 мас. дол.		M = 0, 1651 мас. дол.		M = 0, 1066 мас. дол.		M = 0, 2973 мас. дол.	
A _λ = 0,1188		A _λ = 0,1030		A _λ = 0,1224		A _λ = 0,1130	
S = 1,383·10 ⁻³ %		S = 9,902·10 ⁻⁴ %		S = 8,039·10 ⁻⁴ %		S = 8,936·10 ⁻⁴ %	
T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ
295,1	1570,39	296,3	1366,11	299,7	1603,75	300,6	1923,58
318,6	1827,62	319,2	1266,59	326,4	1741,79	327,2	1959,17
339,2	1639,98	348,1	1287,82	350,2	1638,45	350,3	1960,44
362,7	1459,31	375,2	1243,96	377,5	1463,10	375,5	1932,88
387,8	1364,49	396,3	1201,89	399,6	1308,28	399,4	1813,32
407,3	1282,03	419,6	1108,92	422,3	1214,28	420,8	1654,52
425,6	1200,88	449,8	1017,15	449,9	1150,96	450,9	1465,06
446,3	1107,19	471,3	966,77	471,2	1132,61	471,3	1370,69
471,1	989,72	-	-	-	-	-	-
Раствор H ₂ O-KBr-KI				Раствор H ₂ O-KBr-KI			
Концентрация солей				Концентрация солей			
M = 0, 2043 мас. дол.		M = 0,2526 мас. дол.		M = 0,1226 мас. дол.			
A _λ = 0,1650		A _λ = 0,1127		A _λ = 0,1301			
S = 7,787·10 ⁻⁴ %		S = 4,9161·10 ⁻³ %		S = 8,281·10 ⁻⁴ %			
T, °K	B _λ	T, °K	B _λ	T, °K	B _λ		
303,3	2394,89	298,6	1769,64	298,3	1894,58		
328,4	2429,94	325,2	1622,04	325,4	1854,09		
351,1	2384,34	350,3	1575,35	350,5	1817,43		
375,3	2321,23	375,6	1471,82	375,7	1688,37		
399,0	2222,96	398,9	1373,56	399,1	1600,11		
421,0	2076,64	420,7	1264,83	420,3	1519,82		
451,4	1717,16	450,9	1134,14	451,3	1458,40		
471,3	1452,15	-	-	471,4	1427,91		

Выбор типов растворов электролитов обусловлен совместимостью растворов по показателям барических коэффициентов, как показано на рисунке 2.

Выводы

Применение в системах охлаждения судовых силовых установок растворов электролитов вытекает из получения определённых свойств теплоносителей для различных типов ДВС. Выбор электролитов вместо этиленгликолей позволяет достигать лучших показателей взаимодействия с ингибиторами коррозии, в случае деградации свойств последних достаточно парциальных добавок в систему охлаждения. Учитывая экологические требования к эксплуатации ДВС этот способ улучшения свойств теплоносителей видится более предпочтительным и менее затратным.

Литература

1. Косолап Ю.Г. Теплопроводность смешанных растворов электролитов: дис...канд. техн. наук.- Баку, 1990.- 194 с.
2. Сафронов Г.А. Теплопроводность водных растворов электролитов: дис...канд. техн. наук.- Баку, 1985.- 220 с.
3. Абдулаев К.М., Эльдаров. В.С. Расчет теплопроводности двухкомпонентных растворов солей. //Изв. вузов: Нефть и газ. -1985. - №10.- С. 57-60
4. Литвиненко И.В. Теплопроводность водных растворов электролитов и ее связь со структурой воды: автореф. дисс...канд. техн. Наук.- Днепрпетровск, 1968.- 20 с.

5. Michels A. Sengers I. V. and Van der Culir P.S, The Thermal Conductivity of carbon dioxide in the critical Region // Physica, 1962, №3, P. 1201-12015.
6. Васильев В.П. Термодинамические свойства раствора электролита.- М.: Высшая школа, 1982.- 320 с.
7. Григорьев Е. Б.: диссертация ... доктора технических наук: 05.14.05,01.04.14.- Казань, 2008.
8. Филиппов Л.П. Исследование теплопроводности жидкостей. -М.: Изд-во МГУ, 1970.- 239 с.

References

1. Kosolap.YU.G. Teploprovodnost' smeshannyh rastvorov elektrolitov. Dis...kand. tekhn.nauk.- Baku,1990.- 194s.
2. Safronov.G.A. Teploprovodnost' vodnyh rastvorov elektrolitov. Dis...kand. tekhn.nauk.- Baku,1985.- 220s.
3. Abdulaev.K.M. El'darov. V.S. Raschet teploprovodnosti dvuhkomponent-nyh rastvorov solej. //Izv.vuzov: Neft' i gaz. -1985.-№10.-s. 57-60
4. Litvinenko.I.V. Teploprovodnost' vodnyh rastvorov elektrolitov i ee svyaz' so strukturoj vody Avtoref.diss...kand.tekhn.nauk- Dnepropetrovsk,1968.-20s.
5. Michels A. Sengers I. V. and Van der Culir P.S, The Thermal Conductivity of carbon dioxide in the critical Region // Physica, 1962, №3, R. 1201-12015.
6. Vasil'ev V.P. Termodinamicheskie svoystva rastvora elektrolita.-M.: Vysshaya skola,1982.-320s.
7. Grigor'ev, Evgenij Borisovich dissertaciya ... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.14.05,01.04.14 Kazan'2008.
8. Filippov L.P. Issledovanie teploprovodnosti zhidkostej. -M.: Izd-vo MGU, 1970.-239s.

УДК 629.584

DOI: 10.34046/aumsuomt105/30

КОРРЕКТИРОВКА ПО ИНВАРИАНТАМ КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖИТЕЛЯМИ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

И.М. Данцевич, кандидат технических наук, доцент

В статье предлагается разработка методов компенсации перекосов возникающих при задании следующих типов движения вперед-назад, разворот влево-вправо, поворот налево-направо и их комбинации. Некомпенсированные упоры приводят к неконтролируемым разворотам телеуправляемых аппаратов при задании любого из типов управления. Управляемость подводных телеуправляемых аппаратов связана с ограниченностью поля зрения фототелевизионного комплекса в условиях искусственного освещения и ограниченной дальностью наблюдения, обычно 5-7 метров.

Разработанная методика может использоваться для различных телеуправляемых и автономных подвижных объектах, силовая установка которых построена на много движительной основе.

Ключевые слова: математическая модель, матрица преобразования командных сигналов, телеуправляемые необитаемые подводные комплексы (ТНПК), комбинированное управление многодвигательным комплексом, команды управления двигателями, коэффициенты передачи, упоры винтов.