

Литература

References

1. Ефремов И.М. Интенсификация процесса и выбор параметров роторно-вибрационного смесителя: дис ... канд. техн. наук. Л., 1985. 240 с.
2. Ефремов И.М., Лобанов Д.В., Савонь В.М., Янин В.С. Роторный смеситель с электромеханическим вибровозбудителем: пат. 2292943 Рос. Федерация. № 2005117300/15; заявл. 06.06.05; опубл. 10.02.07, Бюл. № 11. 2 с.
3. Ефремов И.М., Янин В.С., Никифоров Р.Е., Огородников В.С. Роторный смеситель с электрогидравлическим вибровозбудителем: пат. 74081 Рос. Федерация. № 2006123298/22; заявл. 29.06.06; опубл. 20.06.08, Бюл. № 12. 2 с.
4. Ефремов И.М., Лобанов Д.В., Савонь В.М., Янин В.С. Роторно-вибрационный смеситель с кольцевым магнитоstrictionным преобразователем: пат. 2318586 Рос. Федерация. № 2006107843/15, заявл. 13.03.06, опубл. 10.03.08, Бюл. № 10. 3 с.
5. Ефремов И.М., Савонь В.В. Смеситель-дозатор конусный с электромеханическим вибровозбудителем: пат. 2366498 Рос. Федерация. № 2008110288/15; заявл. 17.03.08; опубл. 10.09.09, Бюл. 12. 2 с.
6. Лобанов Д.В., Ефремов И.М. Роторно-вибрационный смеситель с магнитоstrictionным преобразователем пластинчатого типа: пат. 80358 Рос. Федерация. № 2008104482/22; заявл. 05.02.08; опубл. 10.02.2009, Бюл. 9. 2 с.
7. Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Новые роторные смесители с различными системами вибровозбуждения // Строительные и дорожные машины. 2008. № 9. С. 7-9.
8. Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Новый экспериментальный роторно-вибрационный смеситель // Строительные и дорожные машины. 2011. № 9. С. 16.
9. Ефремов И.М., Лобанов Д.В., Фигура К.Н. Механическая активация бетонных смесей при интенсификации процессов перемешивания // Механизация строительства. 2011. № 2. С. 6-8.
1. Efremov I.M. Enhancement of the process and selection of rotor vibration mixer parameters: dis...kand. tekhn. nauk. L., 1985. 240 s.
2. Efremov I.M., Lobanov D.V., Savon' V.M., Yanin V.S. A rotor mixer equipped with an electromechanical vibration exciter: pat. № 2292943 Ros. Federatsiya. № 2005117300/15, yayavl. 06.06.2005, opubl. 10.02.2007, Byul.№ 11. 2 s.
3. Efremov I.M., Yanin V.S., Nikiforov R.E., Ogorodnikov V.S. A rotor mixer equipped with an electrohydraulic vibration exciter: pat. № 74081 Ros. Federatsiya. № 2006123298/22, yayavl. 29.06.2006, opubl. 20.06.2008, Byul.№ 12. 2 s.
4. Efremov I.M., Lobanov D.V., Savon' V.M., Yanin V.S. A rotor vibration mixer equipped with a ring magnetostrictive transducer: pat. № 2318586 Ros.Federatsiya. 2006107843/15, yayavl. 13.03.2006, opubl. 10.03.2008, Byul.№ 10. 3 s.
5. Efremov I.M., Savon' V.V. A cone-shaped mixer-proportioner equipped with an electromechanical vibration exciter: pat. №2366498 Ros.Federtsiya. № 2008110288/15, yayavl. 17.03.2008, opubl. 10.09.2009, Byul.12. 2 s.
6. Lobanov D.V., Efremov I.M. A rotor vibration mixer equipped with a plate-type magnetostrictive transducer: pat. № 80358 Ros.Federatsiya. № 2008104482/22, yayavl. 05.02.2008, opubl. 10.02.2009, Byul.9. 2 s.
7. Efremov I.M., Lobanov D.V. New type rotor mixers equipped with different vibroexcitation systems // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2008. № 9. S. 7-9.
8. Efremov I.M., Lobanov D.V. A new type rotor vibration mixer // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2011. № 9. S. 16.
9. Efremov I.M., Lobanov D.V., Figura K.N. Mechanical activation of a concrete mix while intensifying mixing processes //Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2011. № 2. S. 6-8.

УДК 691.327

Оценка надежности работы гидротранспортных систем

В.Б. Пермяков^{1, а}, В.Н. Анферов^{2, b}, С.М. Кузнецов^{2, c}, С.И. Васильев^{3, d}¹Сибирская автомобильно-дорожная академия, ул. Мира 5, Омск, Россия²Сибирский государственный университет путей сообщения, ул. Д. Ковальчук 191, Новосибирск, Россия³Сибирский федеральный университет, пр. Свободный 82, Красноярск, Россия^аkaf_edm@sibadi.org, ^bavn43@mail.ru, ^cksm56@yandex.ru, ^dS-vasilev1@yandex.ru

Статья поступила 12.04.2013, принята 15.08.2013

Авторами предложена модель оценки надежности работы гидротранспортных систем. С помощью этой модели можно оценить эффективность и надежность работы гидротранспортных систем и других строительных машин на любом объекте. Это позволит наиболее точно прогнозировать сроки производства отдельных видов работ и их стоимость еще на стадии проектирования. В статье определены комплексные показатели надежности – коэффициенты готовности, оперативной готовности, технического использования и сохранения эффективности. Для оценки надежности транспортно-технологического процесса предложено понятие надежности как вероятности достижения комплексом машин и механизмов конечной цели при производстве строительного-монтажных работ. Одним из основных факторов надежности работы строительных машин является коэффициент использования их по времени. Во всех нормативных документах приводятся устаревшие (25-летней давности) данные по коэффициентам использования машин в течение рабочего времени, которые требуют обновления, так как машины постоянно совершенствуются. Для оценки надежности работы строительных машин создана база данных на основе результатов натурных испытаний земснарядов, кранов, экскаваторов, бульдозеров и трубоукладчиков. Для обоснования базы данных по результатам натурных испытаний проводились два этапа проверки, логической и математической. После формирования выборки в соответствии с ГОСТ 8.207-76 проверялась ее принадлежность к закону нормального распределения с помощью критерия согласия Пирсона. Далее рассчитывались надежность и риск завершения запланированного объема земляных работ гидротранспортными системами в планируемый промежуток времени.

Ключевые слова: гидротранспортная система, надежность, модель, комплексные показатели, коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования, коэффициент сохранения эффективности, организационно-технологическая надежность, организационно-технологический риск.

Assessment of hydrotransport systems reliable performance

V.B. Permyakov^{1, a}, V. N. Anferov^{2, b}, S. M. Kuznetsov^{2, c}, S.I. Vasil'yev^{3, d}

¹Siberian Automobile and Road Academy, 5 Mira st., Omsk, Russia

²Siberian Transport University, 191 D. Koval'chuk st., Novosibirsk, Russia

³Siberian Federal University, 82 Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia

^akaf_edm@sibadi.org, ^bavn43@mail.ru, ^cksm56@yandex.ru, ^dS-vasilev1@yandex.ru

Received 12.04.2013, accepted 15.08.2013

The authors have proposed the model to assess the hydrotransport systems reliable performance. By means of this model, one can assess the performance efficiency and reliability of hydrotransport systems and other construction machines employed at any project. It will allow predicting most precisely the terms to perform certain types of works and their cost as early as at the design stage. In the article, such complex reliability indicators as the factors for availability, operational availability, percentage of uptime and efficiency retention have been determined. To assess the reliability of the transport and operational procedure, the concept of reliability as a hitting probability to achieve the ultimate goal while performing installation and construction works by a group of machines and mechanisms has been proposed. One of the major reliability factors of the construction machines performance is their time utilization rate. All the regulations provide outdated (25 - year old) data on the machine utilization efficiency during work hours, which need to be updated as the machines are constantly being modernized. To assess the performance reliability of construction machines, the database of full-scale test results for dredges, cranes, excavators, bulldozers and pipe-layers has been developed. To substantiate the database, the two-stage inspections based on the full-scale test results were carried out: the logical and mathematical ones. On sampling according to the State Standard (GOST) 8.207-76, its compliance with the normal distribution law was checked by means of Pearson best-fit criterion. Then, the reliability and risk of the planned earthwork volume completion by the hydrotransport systems for the planned time interval were calculated.

Keywords: hydrotransport system, reliability, model, complex indicators, availability factor, operational availability factor, percentage of uptime, efficiency retention factor, organizational and technological reliability, organizational and technological risk.

Введение. Производство земляных работ при строительстве автомобильных и железных дорог предполагает широкое использование гидротранспортных систем. К достоинствам последних относятся низкая энергоемкость процесса с пересчетом на условное топливо, отсутствие необходимости в строительстве подъездных автодорог от карьеров к месту возведения сооружения, значительное снижение отвода площадей под карьеры за счет глубины их отработки, ускоренный процесс осадки сооружения на слабом основании в связи с более высокими нагрузками в процессе намыва, возможность разработки выемок крупных котлованов и каналов без осушительных и водопонизительных работ, возможность подачи грунта с большей интенсивностью на ограниченные площади и труднодоступные участки сооружений.

Постановка задачи. Для анализа работы парка машин ЗАО «Сибгидромехстрой» (г. Новосибирск) создана база данных, в которую включена техническая и экономическая информация за последние 12 лет (табл. 1).

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 основными показателями надежности гидротранспортной системы являются:

показатель надежности – количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность системы;

единичный показатель надежности, характеризующий одно из свойств, составляющих надежность системы;

комплексный показатель надежности, характеризующий несколько свойств, составляющих надежность системы;

расчетный показатель надежности, значения которого определяются расчетным методом;

экспериментальный показатель надежности, точечная или интервальная оценка которого определяется по данным испытаний;

эксплуатационный показатель надежности, точечная или интервальная оценка которого определяется по данным эксплуатации;

экстраполированный показатель надежности, точечная или интервальная оценка которого определяется на основании результатов расчетов, испытаний и (или) эксплуатационных данных путем экстраполяции на другую продолжительность эксплуатации и другие условия эксплуатации.

При анализе работы гидротранспортных систем в статье рассмотрены только основные комплексные показатели надежности: коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования, коэффициент сохранения эффективности. При этом для приведенных коэффициентов, на наш взгляд, целесообразно провести логическую и математическую обработку статистической информации [1].

Алгоритм решения. Под коэффициентом готовности (K_r) понимается вероятность того, что гидротранспортная система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение гидротранспортной системы по назначению не предусматривается.

Коэффициент готовности представляет собой отношение времени исправной работы к сумме времени исправной работы и вынужденных простоев объекта, взятых за один и тот же календарный срок.

Коэффициент готовности определяется по формуле:

$$K_r = \frac{T_p}{T_p + T_n}, \quad (1) \quad \text{где } T_p - \text{ суммарное время исправной работы объекта;}$$

$$T_n - \text{ суммарное время вынужденного простоя.}$$

Таблица 1

Технические и экономические показатели работы земснарядов

Показатель	Обозначение	Поле
Земснаряд	<i>Земснаряд</i>	<i>Marka</i>
Грунтовый насос	<i>Землесос</i>	<i>Vid</i>
Группа грунта	Γ_r	<i>Gr</i>
Расход дизельного топлива для бульдозеров, тыс. л	$R_{тб}$	<i>Rtb</i>
Расход дизельного топлива на работу земснаряда, тыс. л	$R_{тз}$	<i>Rtz</i>
Расход электроэнергии на работу земснаряда, кВт	$R_{эз}$	<i>Rez</i>
Расход по воде, м ³ /ч	R_v	<i>Rv</i>
Себестоимость разработки 1 м ³ грунта, р.	C_1	<i>Cl</i>
Заработная плата рабочих, тыс. р.	Z_n	<i>Zp</i>
Приобретение ремкомплектов на земснаряд, тыс. р.	$C_{рк}$	<i>Crk</i>
Стоимость дизельного топлива для бульдозера и ТЛГ, тыс. р.	$C_{тб}$	<i>Ctb</i>
Стоимость дизельного топлива для земснаряда, тыс. р.	$C_{тз}$	<i>Ctz</i>
Стоимость ремонта и обслуживания бульдозера, тыс. р.	$C_{рб}$	<i>Crb</i>
Стоимость текущей эксплуатации земснаряда, тыс. р.	$C_{эз}$	<i>Cez</i>
Стоимость электроэнергии, тыс. р.	$C_{эл}$	<i>Cel</i>
Календарное время работы, ч	T_k	<i>Tk</i>
Фактическое время работы, ч	T_p	<i>Tr</i>
Время простоев, ч	T_n	<i>Tp</i>
Коэффициент использования рабочего времени	КИРВ	<i>Kirv</i>
Выполненный объем работ, м ³	V	<i>V</i>
Фактическая производительность земснаряда, м ³ /ч	$П_{ф}$	<i>Pl</i>
Стоимость топлива и тарифная ставка		
Стоимость 1 кВт электроэнергии, р.	$C_{эт}$	<i>Cet</i>
Стоимость 1 литра дизельного топлива, р.	$C_{дт}$	<i>Cdt</i>
Тарифная ставка рабочего 1 разряда, р.	C_m	<i>Ctl</i>
Причины простоя земснарядов		
Чистка, ч	T_1	<i>T1</i>
Работа на карте, ч	T_2	<i>T2</i>
Профремонт, ч	T_3	<i>T3</i>
Перекладка якорей, ч	T_4	<i>T4</i>
Отсутствие электроэнергии, ч	T_5	<i>T5</i>
Ремонт вспомогательной техники, ч	T_6	<i>T6</i>
Работа на плавучем п/п, ч	T_7	<i>T7</i>
Работа на магистральном п/п, ч	T_8	<i>T8</i>
Передвижка земснаряда, ч	T_9	<i>T9</i>
Техобслуживание земснаряда, ч	T_{10}	<i>T10</i>
Неисправность земснаряда, ч	T_{11}	<i>T11</i>
Прочие причины, ч	T_{12}	<i>T12</i>
Разбивка льда, ч	T_{13}	<i>T13</i>
По вине заказчика, ч	T_{14}	<i>T14</i>
Отсутствие дизтоплива, ч	T_{15}	<i>T15</i>
Фабрика, ч	T_{16}	<i>T16</i>
Погодные условия, ч	T_{17}	<i>T17</i>
Отсутствии рабочих, ч	T_{18}	<i>T18</i>
Станция откачки, ч	T_{19}	<i>T19</i>
Перемотка якорей / тросов, ч	T_{20}	<i>T20</i>

Для перехода к вероятностной трактовке величины T_p и T_n заменяются математическими ожиданиями времени между соседними отказами и времени восстановления соответственно:

$$K_r = \frac{T_n}{T_n + T_v}, \quad (2)$$

где T_n – средняя наработка на отказ; T_v – среднее время восстановления.

На рис. 1 и 2 показаны надежность коэффициента готовности системы и плотность распределения вероятности коэффициента готовности системы, полученные по результатам обработки натуральных испытаний работы земснарядов при ежегодном анализе [2].

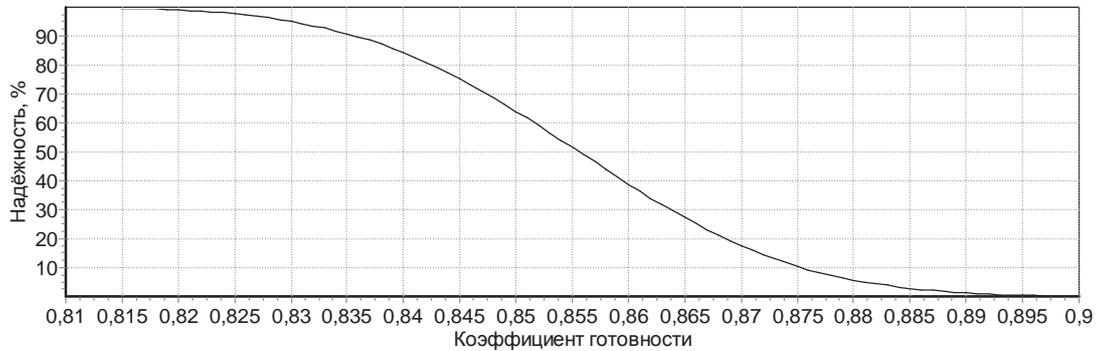


Рис. 1. Надежность коэффициентов готовности гидротранспортной системы

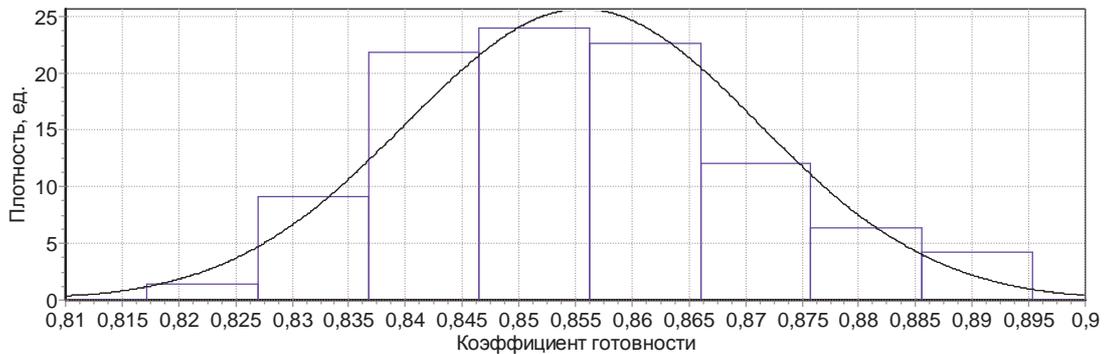


Рис. 2. Плотность распределения вероятности коэффициентов готовности системы

Коэффициент оперативной готовности ($K_{ог}$) показывает вероятность того, что гидротранспортная система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение гидротранспортной системы по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

Коэффициент оперативной готовности характеризует надежность изделия, необходимость применения которого возникает в произвольный момент времени, после чего требуется безотказная работа изделия в течение заданного интервала времени. Значение коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$ определяется по формуле

$$K_{ог} = K_r P, \quad (3)$$

где K_r – коэффициент готовности; P – вероятность безотказной работы системы в течение заданного интервала времени.

Авторами предлагается вероятность безотказной работы определять по формуле:

$$P = 1 - \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \int_0^{T_0+T_1} e^{-\frac{(T_n - \bar{T}_n)^2}{2\sigma_n^2}} dT_n, \quad (4)$$

где T_n – время наработки на отказ; \bar{T}_n – среднее время наработки на отказ; σ_n – среднее квадратическое отклонение времени наработки на отказ; T_0 – время с начала наработки на отказ; T_1 – планируемый период времени безотказной работы системы.

Значения коэффициента оперативной готовности используются при выполнении работ по оценке эффективности системы, а также при оценке расчетных значений надежности по полученным из эксплуатации результатам работы системы.

На рис. 3 и 4 показаны надежность работы системы и плотность распределения вероятности времени наработки системы на отказ, полученные по результатам обработки натуральных испытаний работы земснарядов.

По зависимости (рис. 3) можно оценить надежность работы гидротранспортной системы в заданном диапазоне от T_0 до $T_0 + T_1$. Например, при $T_0 = 110$ ч и $T_1 = 500$ ч надежность работы системы равна приблизительно 70 %.

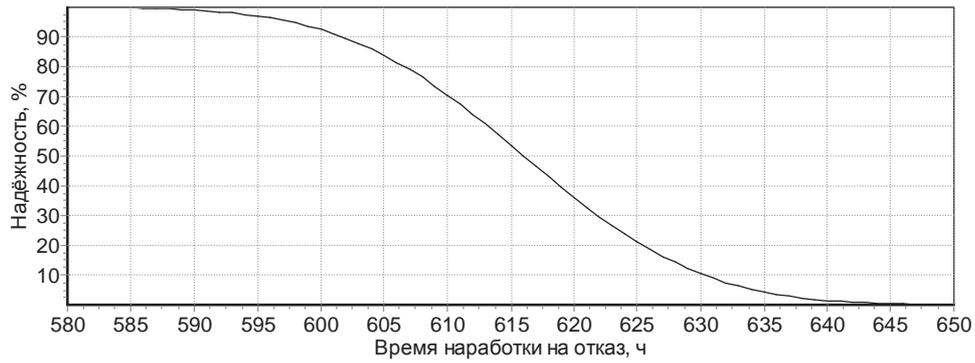


Рис. 3. Надежность работы гидротранспортной системы

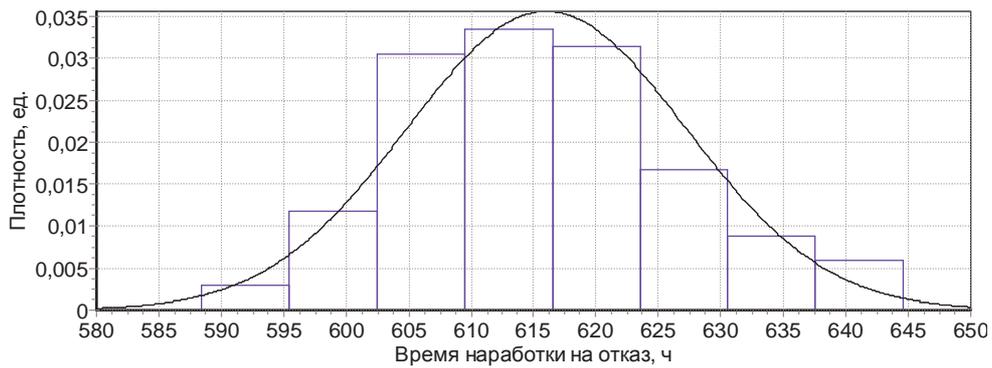


Рис. 4. Плотность распределения вероятности времени наработки системы на отказ

Коэффициент технического использования ($K_{ти}$) характеризует отношение математического ожидания суммарного времени пребывания гидротранспортной системы в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания гидротранспортной системы в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

Коэффициент технического использования обычно оценивается за длительный период эксплуатации (от начала эксплуатации до капитального ремонта, между капитальными ремонтами, за весь период эксплуатации):

$$K_{ти} = \frac{T_p}{T_p + T_{рем}}, \quad (5)$$

где T_p – суммарное время пребывания системы в работоспособном состоянии за некоторый длительный период

эксплуатации; $T_{рем}$ – суммарное время ремонтов и технического обслуживания за этот же период эксплуатации.

Коэффициент технического использования можно рассматривать как вероятность того, что в данный, произвольно взятый момент времени объект работоспособен, а не находится в ремонте.

Авторами предлагается формула для расчета коэффициента технического использования:

$$K_{ти} = \frac{K_B}{K_r}, \quad (6)$$

где K_B – коэффициент использования по времени; K_r – коэффициент готовности.

На рис. 5 и 6 представлены надежность коэффициента технического использования гидротранспортной системы и плотность распределения вероятности коэффициента технического использования системы.

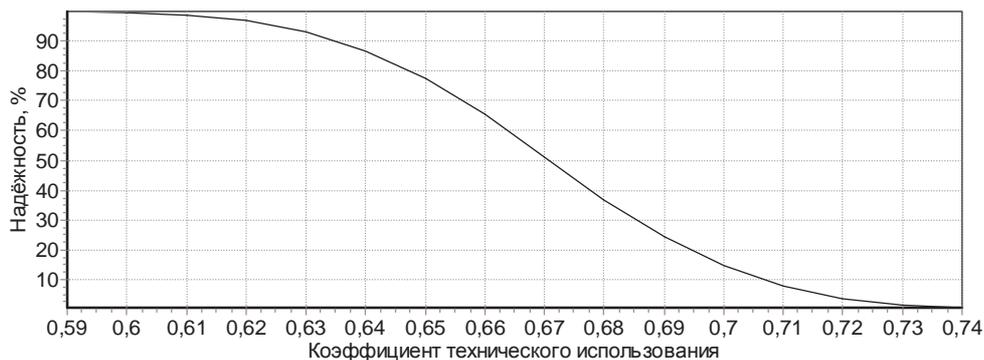


Рис. 5. Надежность коэффициентов технического использования гидротранспортной системы

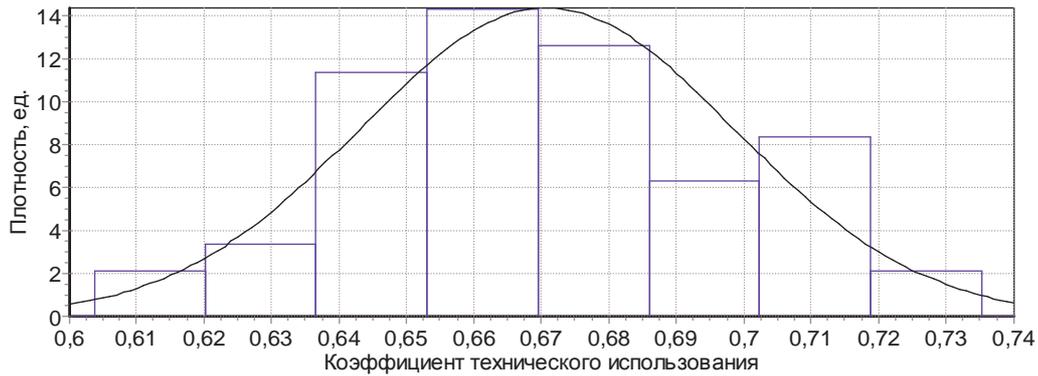


Рис. 6. Плотность распределения вероятности коэффициентов технического использования гидротранспортной системы

Коэффициент сохранения эффективности ($K_{сэ}$) показывает отношение значения показателя эффективности использования гидротранспортной системы по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы гидротранспортной системы в течение того же периода не возникают.

Коэффициент сохранения эффективности ($K_{сэ}$) – отношение значения показателя эффективности использования системы по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы системы в течение того же периода не возникают.

Коэффициент сохранения эффективности вычисляется по формуле:

$$K_{сэ} = \frac{1}{\mathcal{E}_n} \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i P_i, \quad (7)$$

где \mathcal{E}_i – эффективность системы в i -м работоспособном состоянии; P_i – вероятность пребывания объекта в i -м работоспособном состоянии; $\mathcal{E}_n = \max(\mathcal{E}_i)$ – номинальное значение показателя эффективности объекта, опре-

деленное при условии отсутствия отказов; n – количество работоспособных состояний объекта.

Коэффициент сохранения эффективности, вычисленный по формуле (7), показывает отклонение расчетных параметров за конкретный промежуток времени от номинального значения.

По мнению авторов, коэффициент сохранения эффективности системы можно выразить формулой:

$$K_{сэ} = \frac{1}{nK_B^{\max}} \sum_{i=1}^n K_B, \quad (8)$$

где K_B – коэффициент использования по времени по месяцам; n – количество рассматриваемых месяцев; K_B^{\max} – максимальное значение коэффициента использования по времени.

Коэффициент сохранения эффективности работы парка гидротранспортных систем равен

$$K_{сэ} = \frac{1}{145 \cdot 0,65} 83,24 = 0,8831 \text{ } 88,31 \text{ \%}.$$

Коэффициент сохранения эффективности, вычисленный по формуле (8), показывает эффективность использования системы за конкретный промежуток времени.

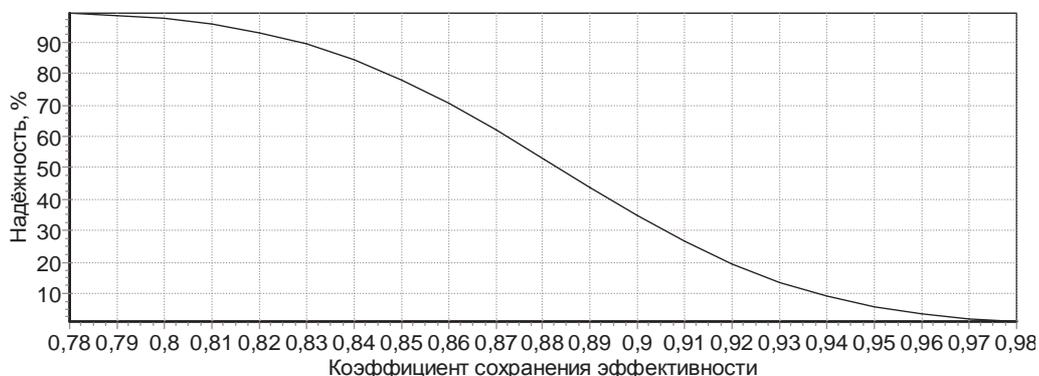


Рис. 7. Надежность коэффициентов сохранения эффективности гидротранспортной системы

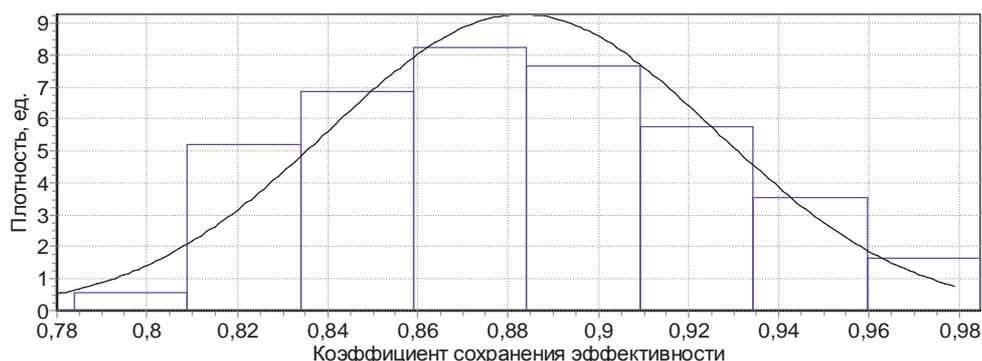


Рис. 8. Плотность распределения вероятности коэффициентов сохранения эффективности гидротранспортной системы

В табл. 2 приведены параметры выборок коэффициентов готовности, коэффициентов технического использования, коэффициентов сохранения эффективно-

сти и времени наработки на отказ гидротранспортной системы.

Таблица 2

Характеристика выборки коэффициента использования рабочего времени технической, организационно-эксплуатационной и общей надежности работы гидротранспортных комплексов

Показатель	Величина	Величина	Величина	Величина
Фактор	K_r	$K_{тн}$	$K_{сэ}$	T_n
Количество опытов, шт.	145	145	145	145
Количество связей, шт.	3	3	3	3
Уровень значимости	0,05	0,05	0,05	0,05
Минимальное значение фактора	0,8172	0,6037	0,7838	588,4
Максимальное значение фактора	0,8953	0,7352	0,9846	644,6
Выборочное среднее значение фактора	0,8556	0,6708	0,8831	616,0
Среднее линейное отклонение фактора	0,01247	0,02243	0,0353	8,978
Среднее квадратическое отклонение фактора	0,01551	0,02770	0,04279	11,16
Стандартное отклонение фактора	0,01556	0,02779	0,04294	11,20
Средняя квадратическая ошибка фактора	0,00129	0,00231	0,00357	0,9303
Ошибка в % от среднего значения фактора	0,15102	0,34407	0,40381	0,1510
Эмпирическая дисперсия выборки	0,000242	0,000772	0,001844	125,50
Вариации отклонения от среднего значения	0,000155	0,000503	0,001247	80,61
Риск отклонения от среднего значения	0,01247	0,02243	0,03531	8,978
Коэффициент вариации	0,01812	0,04129	0,04846	0,01812
Вычисленное значение критерия Пирсона	2,87	2,37	5,60	2,06
Табличное значение критерия Пирсона	7,86	7,86	7,86	7,86
Количество интервалов	8	8	8	8

В табл. 3 приведены характеристики моделей коэффициентов использования по времени в зависимости от коэффициентов готовности, коэффициентов техниче-

ского использования, коэффициентов сохранения эффективности и времени наработки на отказ гидротранспортной системы.

Таблица 3

Основные характеристики многофакторных моделей

Показатель	$K_B = -0,277$ $+0,9949 K_r$	$K_B = -0,052$ $+0,9335 K_{тн}$	$K_B = 0,0001$ $+0,6499 K_{сэ}$	$K_B = -0,278$ $+0,00138 T_n$
Доля объясненной вариации, %	30,77	86,42	46,65	30,79
Коэффициент множественной корреляции	0,5547	0,9296	0,6830	0,5549
Средний отклик	0,574	0,574	0,574	0,574
Стандартная ошибка в % от среднего отклика	4,06	1,80	3,56	4,06
Стандартная ошибка	0,0233	0,0103	0,0205	0,0233
Общий F-критерий регрессии	63,54	910,14	125,05	63,62
Табличное значение общего F-критерия	3,89	3,89	3,89	3,89

На рис. 9-11 приведены доверительные интервалы моделей коэффициентов использования по времени в зависимости от коэффициентов готовности,

технического использования, сохранения эффективности и времени наработки на отказ гидротранспортной системы.

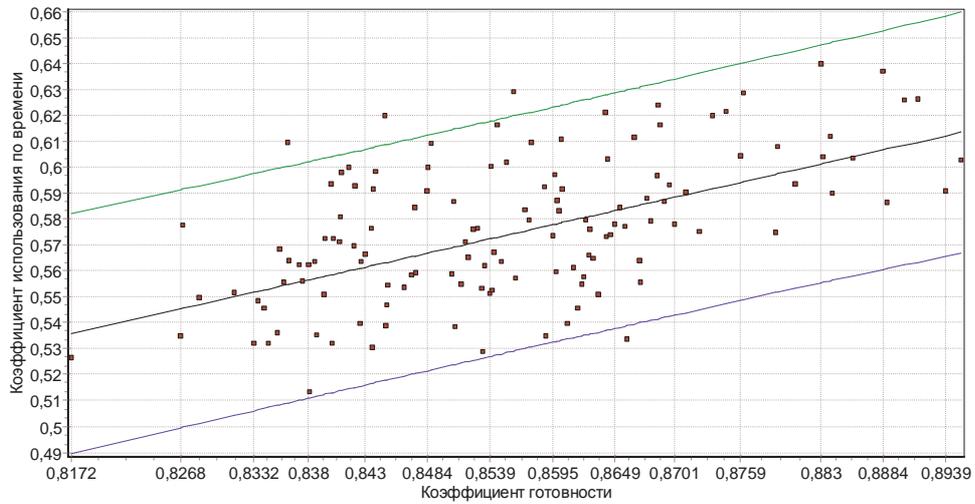


Рис. 9. Зависимость коэффициента использования по времени от коэффициента готовности

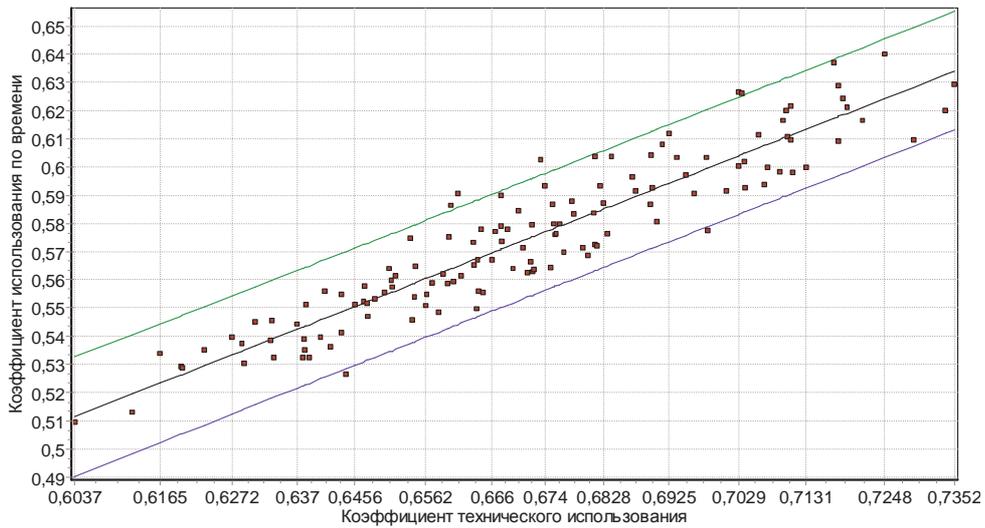


Рис. 10. Зависимость коэффициента использования по времени от коэффициента технического использования

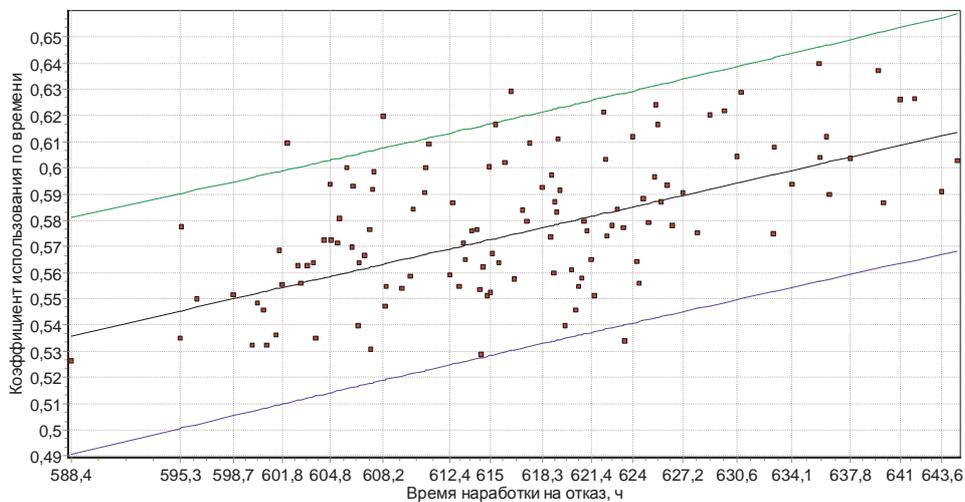


Рис. 11. Зависимость коэффициента использования по времени от времени наработки на отказ

Предложенные для оценки надежности гидротранспортных систем комплексные показатели надежности не дают полной информации о работе строительных машин на конкретных объектах, так как они не учитывают технологию и организацию строительства в конкретных производственных условиях. На наш взгляд, целесообразно дополнить рассматриваемые комплексные показатели надежности показателем организационно-технологической надежности.

Под организационно-технологической надежностью понимается способность технологических, организационных, управленческих экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства в условиях случайных возмущений, присущих строительству как сложной вероятностной системе. В основу разработки принципа надежности в

первую очередь должен быть заложен вероятностно-статистический подход. При этом методы математической теории надежности практически неприемлемы, так как формальное применение классической теории к реальной строительной системе дает практически нулевую надежность. Выход из данной ситуации возможен лишь при детальном изучении специфики систем строительного производства, многообразных, многочисленных организационно-технологических сбоев, дестабилизирующих производство факторов, а также принципов взаимодействия этих факторов с имеющимися сбоями [3].

На рис. 12 и 13 приведены зависимости организационно-технологической надежности и плотности распределения вероятности с учетом выполнения работы на конкретных производственных объектах.

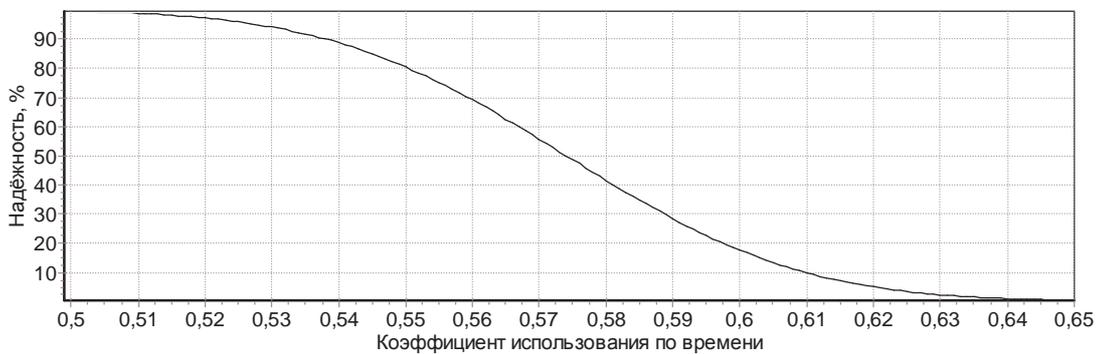


Рис. 12. Организационно-технологическая надежность работы гидротранспортной системы

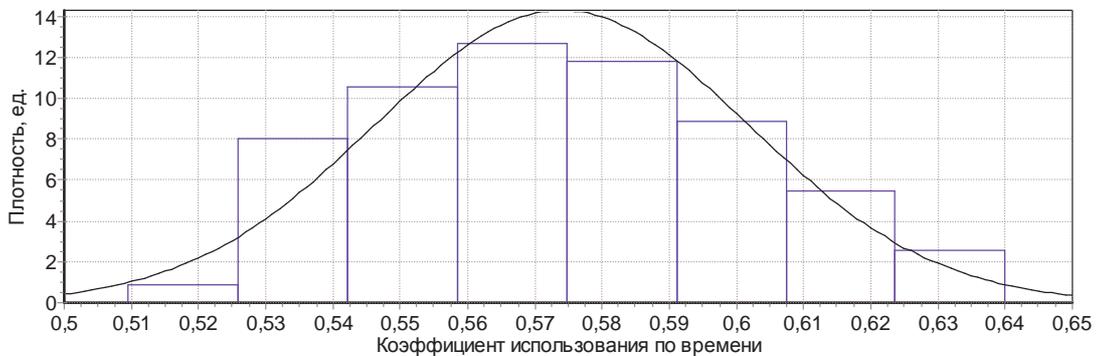


Рис. 13. Плотность распределения вероятности коэффициентов использования системы по времени

Кривая нормального распределения (рис. 3) выражается следующим уравнением:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где y – ордината кривой распределения (плотность распределения вероятности); x – значение изучаемого признака (производительность земснаряда); \bar{x} – средняя арифметическая ряда; σ – среднее квадратическое отклонение изучаемого признака; π – постоянное число (отношение длины окружности к длине ее диаметра); e – основание натурального логарифма.

Известно, что если площадь, ограниченную кривой нормального распределения, принять за 1 или

100 %, то можно рассчитать площадь, заключенную между кривой и любыми двумя ординатами. Воспользовавшись формулой (1), можно рассчитать организационно-технологический риск (в процентах) не достижения земснарядом производительности x_m по следующей формуле:

$$P = 100 \cdot \int_0^{x_m} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (2)$$

Тогда организационно-технологическая надежность достижения земснарядом производительности x_m в процентах рассчитывается по формуле:

$$H = 100 - P. \quad (3)$$

Вывод

Предложен метод комплексной оценки работы гидротранспортных систем с использованием технических показателей надежности и учета конкретных производственных условий выполнения работ, позволяющий прогнозировать основные показатели работы конкретного земснаряда. Предложенный метод является универсальным, и его можно использовать для оценки ОТН любых типов систем, комплектов и отдельных машин.

Литература

1. Кузнецов С.М., Кузнецова К.С. Обработка результатов натурных испытаний при техническом и тарифном нормировании // Экономика. 2010. № 7. С. 88 – 99.

2. Кузнецов С.М., Пермяков В.Б., Хабарова П.А. Оценка значимости факторов организационно-технологической надежности работы земснарядов // Экономика. 2009. № 7. С. 56 - 61.

3. Анферов В.Н., Кузнецов С.М., Васильев С.И. Имитационная модель оценки организационно-технологической надежности работы стреловых кранов // Изв. вузов. Строительство. 2013. № 1. С. 70 – 78.

References

1. Kuznetsov S.M., Kuznetsova K.S. The processing of full-scale tests results at results at a rate and tariff setting // Ekonomika. 2010. № 7. S. 88 – 99.

2. Kuznetsov S.M., Permyakov V.B., Khabarova P.A. The importance assessment of the organizational and technological reliability factors in dredges performance // Ekonomika. 2009. № 7. S. 56 - 61.

3. Anferov V.N., Kuznetsov S.M., Vasil'yev S.I. The simulation model to assess the organizational and technological reliability of the boom-type cranes performance // Izv. vuzov. Stroitel'stvo. 2013. № 1. S. 70 - 78.

УДК 621.06

Обеспечение минимального значения амплитуд собственных колебаний упругих систем при воздействии мгновенного импульса

Нгуен Фу Туан^a, В.И. Соболев^b

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, ул. Лермонтова 83, Иркутск, Россия

^abennaydaiduong@yahoo.com, ^bvldsobol@yandex.ru

Статья поступила 21.05.2013, принята 20.08.2013

Конечномерные динамические модели, построенные на различных принципах дискретных аппроксимаций, являются в настоящее время наиболее популярными в исследованиях и конструировании систем различного назначения. Решение задач, связанных с определением и формированием параметров собственных колебаний таких динамических систем, связано с решением проблемы собственных значений, позволяющим в ряде случаев осуществить разделение дифференциальных уравнений динамики исходной многосвязной модели. Возможность такого разделения исходной многосвязной системы уравнений на отдельные дифференциальные уравнения использована в настоящей работе для формирования динамических систем с заданными свойствами при воздействии мгновенного импульса. Представление исходной динамической системы в пространстве собственных векторов, определенных решением проблемы собственных значений, позволяет использовать результаты, полученные при воздействии импульса на одномерную колебательную систему. Преобразование аналитических выражений, описывающих колебания одномерной системы при импульсивных воздействиях (обратные преобразования из пространства собственных векторов в исходное пространство), позволяет определить условия формирования систем с заданными свойствами. В данной работе приведено решение задачи формирования системы 2-го порядка, имеющей минимальные значения амплитуд собственных колебаний по заданному направлению, не совпадающему с направлением импульсивного воздействия.

Ключевые слова: колебания упруго-динамических систем, мгновенный импульс, матрицы собственных векторов, собственные частот, собственные значения, амплитуды.

Providing minimum amplitude of natural oscillations of elastic systems under prompt pulse action

Nguyen Phu Tuan^a, V.I. Sobolev^b

National Research Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov st., Irkutsk, Russia

^abennaydaiduong@yahoo.com, ^bvldsobol@yandex.ru

Received 21.05.2013, accepted 20.08.2013

The finite-dimensional dynamic models based on different principles of discrete approximations are currently the most popular in the research and design of the systems for various applications. The solving of the problems related to the definition and formation of