

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ, НЕИСПРАВНОСТИ И ОТКАЗЫ ПУТЕВЫХ МАШИН	6
1.1. Краткий обзор существующих методов оценки надежности машин.....	6
1.2. Классификация машин для путевых работ.....	41
1.3. Виды отказов. Неисправности путевых машин.....	44
2. ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВЫПРАВОЧНО-ПОДБИВОЧНЫХ МАШИН ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	68
2.1 Описание конструкции выправочно-подбивочных машин циклического действия ВПР-02 и ВПРС-02. Основные технические характеристики	68
2.2 База данных показателей надежности выправочно-подбивочных машин циклического действия	74
2.3 Порядок оценки надежности эксплуатации выправочно-подбивочных машин циклического действия.....	79
2.4 Порядок обоснования показателей эксплуатации выправочно-подбивочных машин циклического действия.....	87
3. ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВЫПРАВОЧНО-ПОДБИВОЧНЫХ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.....	96

3.1 Описание конструкции выправочно-подбивочных машин непрерывного действия ВПО-3000 и ВПО-3-3000. Основные технические характеристики	96
3.2 База данных показателей надежности выправочно-подбивочных машин непрерывного действия	102
3.3 Порядок оценки надежности эксплуатации выправочно-подбивочных машин непрерывного действия.....	107
3.4 Порядок обоснования показателей эксплуатации выправочно-подбивочных машин непрерывного действия.....	115
4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	125
4.1 Автоматизация построения выборок	125
4.2 Автоматизация построения моделей	138
4.3 Автоматизация построения доверительных интервалов	150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	160
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	161

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе надежность работы механических систем предлагается рассмотреть на примере надежности работы путевых машин в частности выправочно-подбивочных машин циклического и непрерывного действия. В работе приведен анализ результатов натуральных испытаний выправочно-подбивочных машин, изложены общий подход к оценке надежности работы последних. Также определены комплексные показатели надежности: коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования и коэффициент сохранения эффективности. Для оценки надежности технологического процесса при выполнении механизированных работ с применением путевых машин предложено понятие надежности, как вероятности достижения комплексом путевых машин и механизмов конечной цели.

Одним из основных факторов работы путевых машин является коэффициент использования их по времени. Нормативные документы, регламентирующие эксплуатацию путевых машин, содержат устаревшие данные по коэффициентам использования машин в течение рабочего времени. Что требует обновления, так как машины постоянно совершенствуются.

Для оценки надежности работы путевых машин авторами создана база данных на основе результатов натуральных испытаний путевых машин (выправочно-подбивочных машин ВПР-02, ВПРС-02 и ВПО-3000, ВПО-3-3000). В таблицах приведены базы данных по результатам натуральных испытаний. Проводились два этапа проверки: логическая и математическая. Значения сформированных выборок в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 проверялись на принадлежность соответствующему закону распределения с помощью критерия согласия Пирсона. Затем определились показатели надежности и риски завершения запланированных объемов работ путевыми машинами в планируемый промежуток времени.

1 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ, НЕИСПРАВНОСТИ И ОТКАЗЫ ПУТЕВЫХ МАШИН

1.1. Краткий обзор существующих методов оценки надежности машин

Целью организации любого производства является разработка мероприятий, обеспечивающих сооружение объектов и сдачу их в эксплуатацию в проектные сроки с высоким качеством и оптимальными денежными, трудовыми и материальными затратами. Любая отрасль материального производства, имеет свою специфику, которая в значительной степени связана с использованием машин в технологии и организации работ. Эффективность использования машин во многом зависит от их надежности, от надежности сборочных единиц, узлов, агрегатов, систем и деталей.

В настоящее время известны работы, посвященные исследованиям надежности машин профессора В. Н. Анферова, который, на основе проведенных им исследований подготовил учебное пособие для студентов строительных специальностей [1-5], профессора С. И. Васильева, занимающегося исследованием строительных машин в Сибирском регионе и принимал активное участие в подготовке учебных пособий для студентов [2], профессорами А. И. Гнырей и М. М. Титовым проведены исследования по организационно-технологической надежности устройств для электроразогрева бетонных смесей, профессорами А. Л. Исаковым и К. С. Кузнецовой проведены исследования и разработана теория формирования ресурсосберегающих комплексов машин для строительства [23-40].

В трудах профессора С. М. Кузнецова описан вероятностный метод оценки надежности механических систем в строи-

тельстве. Созданная им база данных по машинам и механизмам, эксплуатируемых в строительном производстве позволяет совершенствовать формирование допустимых сочетаний оборудования и выбирать оптимальные по структуре или составу решения. Туда вошли показатели асфальтоукладчиков, автобетоновозов, автобетоносмесителей, автогрейдеров, автомобилей-самосвалов, бетоносмесителей принудительного и гравитационного действия, бетононасосов, бетоноукладчиков, поверхностных и глубинных вибраторов, бульдозеров, бурильных машин, гидромониторов, грунтовых насосов, земснарядов, катков, насосов водяных, экскаваторов (прямая лопата, обратная лопата, драглайн), фронтальных погрузчиков, скреперов, автомобильных кранов, башенных и других машин [23-40].

При эксплуатации данных машин в зависимости от конкретной технологии производства работ необходимо их перемещать через определенный промежуток времени на новые строительные объекты. Это приводит к дополнительным затратам, связанными с уточнением организации производства, технологии строительства, составов систем и комплектов машин, дальности и времени доставки строительных материалов, полуфабрикатов и готовых строительных элементов.

Строительное производство, как и путевое хозяйство железных дорог подвержено воздействию природно-климатических факторов, оказывающих влияние на качество и сроки выполнения технологических операций, производительность машин, занятых в рабочем процессе. Возникают незапланированные простои средств механизации, отклонения технологических, технических и экономических параметров от оптимальных значений. Это влечет непроизводительные затраты материальных, трудовых, энергетических и денежных ресурсов и приводит к существенному удорожанию строительных объектов. Таким образом, строительное

производство и технологический процесс выполнения механизированных путевых работ как сложные вероятностные организационно-технологические системы находятся в состоянии повышенного риска по обеспечению расчетной скорости потока строительства, срока выполнения работ, стоимости и энергоёмкости строительно-монтажных работ и путевых работ [44].

Производительность машины является одним из важнейших технико-экономических показателей. Вследствие влияния многих факторов (погодные условия, возраст и техническое состояние машин, квалификация оператора и др.) конкретная производительность в каждом случае будет различной, то есть реальная производительность – случайная величина и заранее точно предсказать её невозможно. Однако на основе опыта можно установить долю тех случаев, когда выполняются нормы соответствующих ЕНиРов. Эта доля и будет оценкой вероятности выполнения нормативов. Она даёт возможность более обоснованно рассчитывать требуемое количество машин, энергоёмкость строительного процесса, его стоимость и трудоемкость.

В связи с этим ещё на стадии проектирования необходимо использовать вероятностные представления о технологическом процессе и производительности машин, что позволит учесть возможность отклонений фактических параметров рабочих операций от намеченных, увеличение сроков выполнения работ и завершения проекта.

По мнению С. М. Кузнецова учёт технической и организационно-технологической надежности работы систем, комплектов, отдельных машин позволяет с большей точностью планировать их ритмичную работу и определять время производства строительно-монтажных работ, что сказывается на снижении стоимости и повышении качества строительной продукции [23-40].

Одним из основных факторов организационно-технологической надежности (ОТН) работы строительных и путевых машин является коэффициент использования их рабочего времени. Для оценки организационно-технологической надежности работы строительных машин в СГУПС создана база данных по результатам натуральных испытаний гидротранспортных, бульдозерных, экскаваторных систем и трубоукладчиков [23-40]. Проверка обоснованности значений результатов натуральных испытаний [49] проводилась в два этапа:

- *логический* – по замечаниям наблюдателя из выборки исключаются значения, не относящиеся к нормируемому процессу;

- *математический* – в выборке методами математической статистики определяются правомерность отклонений.

После формирования выборки в соответствии с ГОСТ 8.207-76 определяется её принадлежность закону нормально-го распределения и строится кривая нормального распределения.

Организационно-технологический риск (в процентах) производительности систем машин (Π_c) можно рассчитать по формуле

$$r_{\text{ОТР}} = \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\Pi_c} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (1.1)$$

Организационно-технологическая надежность (в процентах) производительности систем машин (Π_c) определяется по формуле

$$P_{\text{ОТН}} = \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{\Pi_m}^{\infty} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (1.2)$$

Значение организационно-технологической надёжности достижения рассматриваемой системой заданной произво-

дительности (Π_c) при вводе в него дополнительных машин с производительностью (Π_d) в процентах рассчитывается по формуле

$$P_{отн} = 100 - \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\Pi_c + \Pi_d} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (1.3)$$

При расчетах производительности систем будет рассматриваться только эксплуатационная производительность, определяемая в соответствии с реальными условиями использования системы машины

$$\Pi_C^{\exists} = \Pi_C^T K_v, \quad (1.4)$$

где Π_C^T – техническая производительность системы;

K_v – коэффициент использования системы по времени.

В настоящее время существуют методики определения технической производительности всех известных систем. Сложность представляет только определение коэффициента использования по времени, который рекомендуется определять по результатам натурных испытаний систем.

Для оценки организационно-технологической надежности работы строительных с использованием аналитических, статистических, вероятностных экономико-математических моделей и имитационных моделей известно несколько существующих подходов [6-20]. Согласно положений, опубликованных в трудах профессоров С. М. Кузнецова, В. Б. Пермякова, организационно-технологическая надежность работы строительных машин может быть обеспечена [20-40]:

- наличием в резерве запасного экскаватора, используемого на маловажных вспомогательных работах;
- в случае крупной поломки экскаватора оперативным заказом нового из ближайшего парка строительных машин;
- заменой одного экскаваторного комплекта двумя одинаковыми с соответствующей производительностью.

Организационно-технологическая надежность работы комплекса машин согласно рекомендациям С. М. Кузнецова [38]:

$$P_{\text{ОТН}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} P_{\text{ОТН}i} \cdot t_i \cdot n_i}{N \cdot t_{\text{дир}}}, \quad (1.5)$$

где N – количество комплектов в комплексе машин;

t_i – темп строительства i -го комплекта;

$t_{\text{дир}}$ – темп строительства комплекса.

Требуемая организационно-технологическая надежность работы i -го комплекта в процентах должна удовлетворять следующему условию:

$$P_{\text{ОТН}i}^{\text{тр}} \geq 50 \cdot \frac{t_{\text{дир}}}{t_i}. \quad (1.6)$$

Организационно-технологическая надежность работы автомобилей-самосвалов и других вспомогательных машин [38]:

$$P_{\text{ОТН}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} P_{\text{ОТН}i} \cdot \Pi_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{i=N} \Pi_i \cdot n_i}, \quad (1.7)$$

где N – количество видов вспомогательных машин в комплексе;

Π_i – производительность вспомогательной машины i -го вида;

n_i – количество вспомогательных машин i -го вида в комплексе.

Проведенные С. М. Кузнецовым исследования по оценке надежности работы систем машин для строительства позволили получить коэффициент использования рабочего времени систем, полученный по результатам их натурных

испытаний последних позволяет определить реальную производительность системы с учетом ОТН ее работы. Использовать в расчетах реальную производительность систем машин, улучшить календарное планирование, сократить простои строительных систем и бригад, наладить ритмичную работу систем и бригад, что привело к повышению качества строительной продукции и позволило снизить себестоимость строительства.

По мнению С. М. Кузнецова создание информационных баз натуральных испытаний, технических и экономических показателей отдельных машин, комплектов и систем способствует оптимизации организационно-технологических решений с заданной надежностью при разработке ресурсосберегающей технологии индустриального строительства [86].

Для анализа и прогнозирования работы машин и систем в СГУПСе созданы база данных: по результатам натуральных наблюдений систем, техническим и экономическим показателям машин. Например, в базе данных по результатам натуральных испытаний гидротранспортных систем приведена следующая информация (таблица 1.1). Значимость каждого фактора потерь (таблице 1.2) определялась по модели коэффициента использования рабочего времени систем ($K_b = 1 - K_{п01} - K_{п02} - K_{п03} - K_{п04} - K_{п05} - K_{п06} - K_{п07} - K_{п08} - K_{п09} - K_{п10} - K_{п11} - K_{п12}$).

В таблице 1.3 приведены комплексные показатели надежности работы гидротранспортных систем: коэффициент готовности (K_r), коэффициент технического использования ($K_{ти}$), коэффициент сохранения эффективности ($K_{сэ}$) и время наработки на отказ (T_n).

Таблица 1.1 – Показатели работы систем

Фактор	Обозначение	Коэффици- ент
Календарный фонд времени	T_{ϕ}	
Время наработки на отказ	T_n	
Время работы, ч	T_p	$K_n = T_p / T_{\phi}$
Время простоев, ч	$T_{п1}$	$K_{п1} = T_{п1} / T_{\phi}$
Чистка	$T_{п01}$	$K_{п01} = T_{п01} / T_{\phi}$
Работа на карте	$T_{п02}$	$K_{п02} = T_{п02} / T_{\phi}$
Профремонт	$T_{п03}$	$K_{п03} = T_{п03} / T_{\phi}$
Перекладка якорей	$T_{п04}$	$K_{п04} = T_{п04} / T_{\phi}$
Отсутствие электроэнергии	$T_{п05}$	$K_{п05} = T_{п05} / T_{\phi}$
Ремонт вспомогательной техники	$T_{п06}$	$K_{п06} = T_{п06} / T_{\phi}$
Работа на плавучем пульпопроводе	$T_{п07}$	$K_{п07} = T_{п07} / T_{\phi}$
Работа на магистральном пульпопроводе	$T_{п08}$	$K_{п08} = T_{п08} / T_{\phi}$
Передвижка земснаряда	$T_{п09}$	$K_{п09} = T_{п09} / T_{\phi}$
Техобслуживание земснаряда	$T_{п10}$	$K_{п10} = T_{п10} / T_{\phi}$
Неисправность земснаряда	$T_{п11}$	$K_{п11} = T_{п11} / T_{\phi}$
Прочие причины	$T_{п12}$	$K_{п12} = T_{п12} / T_{\phi}$

Таблица 1.2 – Факторы, влияющие на причины простоя систем

Фактор	Значимость фактора, %
Неисправность земснаряда	23,64
Работа на карте	20,89
Чистка	13,23
Работа на плавучем пульпопроводе	7,43
Профремонт	6,41
Ремонт вспомогательной техники	5,73
Передвижка земснаряда	4,82
Техобслуживание земснаряда	3,85
Отсутствие электроэнергии	2,56
Работа на магистральном пульпопроводе	2,26

Перекладка якорей	2,01
Прочие причины	7,16

В результате исследований по созданию информационных баз натуральных испытаний с представительным объемом выборки (145 опытов ежегодных технических и экономических показателей) длительного (более 10 лет) наблюдения за работой гидротранспортных систем при производстве строительных работ была создана база данных по натурным испытаниям гидротранспортных систем. Это позволила разработать алгоритмическое, математическое и программное обеспечение, обеспечивающее построение многофакторных математических моделей для оптимизации организационно-технологических решений, а также составить алгоритмическое, математическое и программное обеспечение для оценки и прогнозирования надёжности инвестиционных проектов, календарных планов, технологических процессов и систем машин с использованием баз данных.

Таблица 1.3 – Комплексные показатели надежности работы гидротранспортных систем

Показатель	K_r	$K_{ти}$	$K_{сэ}$	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	0,8064	588,4
Максимальное значение фактора	0,8953	0,7352	0,9026	644,6
Выборочное среднее значение фактора	0,8556	0,6708	0,8506	616,0
Среднее линейное отклонение фактора	0,01247	0,02243	0,0171	8,978
Среднее квадратическое отклонение фактора	0,01551	0,02770	0,0214	11,16
Стандартное отклонение фактора	0,01556	0,02779	0,0214	11,20

Средняя квадратическая ошибка фактора	0,00129	0,00231	0,0018	0,9303
Ошибка в % от среднего значения фактора	0,15102	0,34407	0,2093	0,1510
Эмпирическая дисперсия выборки	0,00024	0,00077	0,0005	125,50
Вариации отклонения от среднего значения	0,00016	0,00050	0,0003	80,61
Риск отклонения от среднего значения	0,01247	0,02243	0,0171	8,978
Коэффициент вариации	1,81	4,13	4,85	1,81
Вычисленное значение критерия Пирсона	0,053	0,070	0,055	0,045
Табличное значение критерия Пирсона	11,02	11,02	11,02	11,02
Количество интервалов	8	8	8	8

По мнению С. М. Кузнецова создание алгоритмического и программного обеспечения при обосновании надежности различных технологических строительно-монтажных работ позволяет установить рациональную область применения систем, комплектов и отдельных машин, сократить время принятия решений при разработке ППР [37].

Для обоснования надежности различных технологических процессов предложено использовать статистические и имитационные модели работы строительных машин.

Одним из основных показателей производства работ является производительность систем и отдельных машин. Различают три вида производительности – теоретическая, техническая и эксплуатационная. В качестве надежности технологического процесса, выполняемого машинами, используется надежность эксплуатационной производительности работы машин. В таблице 1.4 приведены статистические модели коэффициента использования по времени гидротранспортных систем, позволяющие рассчитать эксплуатационную производительность систем.

Таблица 1.4 – Основные характеристики моделей коэффициентов использования по времени

Показатель	$K_b = - 0,277$ $+ 0,9949 K_r$	$K_b = - 0,052$ $+ 0,9335$ $K_{ти}$	$K_b = 0,0001$ $+ 0,6499 K_{сэ}$	$K_b = - 0,278$ $+ 0,00138$ T_H
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 рисунке 1.1 приведен доверительный интервал модели коэффициента использования по времени в зависимости от коэффициентов готовности гидротранспортной системы.

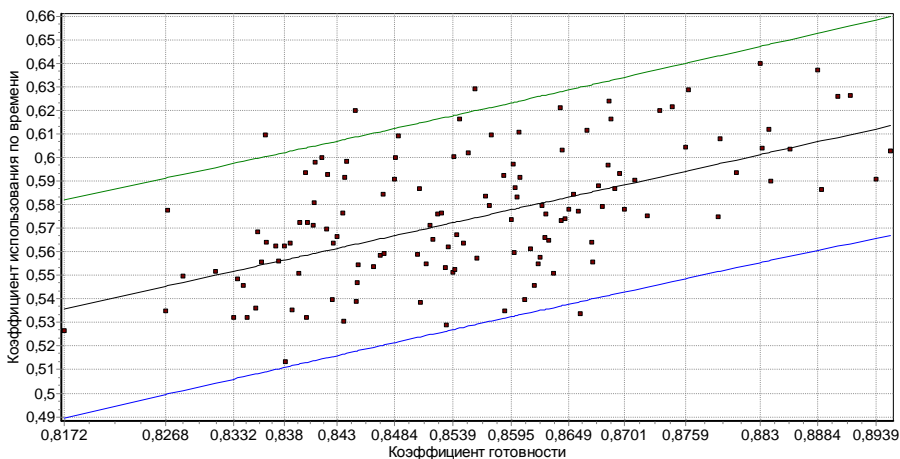


Рисунок 1.1 – Зависимость коэффициента использования по времени от коэффициента готовности

При отсутствии статистических данных в работе предложено использовать имитационные модели работы строительных систем и отдельных машин [86].

Проведенные исследования по созданию алгоритмического, математического и программного обеспечения для обоснования надежности различных технологических процессов позволяет установить рациональную область применения систем и отдельных машин. Для учёта ОТН введен коэффициент использования по времени, учитывающий организационно-технологическую надежность работы машин. Это позволяет формировать комплекты и комплексы машин с заданной организационно-технологической надежностью, что позволит с большей степенью вероятности планировать рациональное использование парка машин, сократить время строительства объектов, снизить стоимости и повышению качества строительной продукции. Имитационные модели позволили обосновать рациональные границы различных технологических процессов с заданной организационно-технологической

надежностью, установить рациональную область применения строительных машин и сократить время принятия решений при разработке ППР или ППРк. Использование имитационных моделей позволило качественно улучшить вариантное проектирование комплексов и комплектов машин за счет формирования вариантов строительства с требуемой надежности, сократить время создания проектов производства работ и снизить их себестоимость. Имитационные модели позволили систематизировать технические и экономические показатели баз данных по машинам и механизмам. Использование последних значительно облегчило задачу разработки инструментария для оптимизации организационно-технологических решений по выбору комплексов и комплектов машин с заданной ОТН при создании комплексной ресурсосберегающей технологии строительства.

А. М. Завьяловым и С. В. Матвеевым получены теоретические и экспериментальные зависимости диапазонов эффективной скорости скреперов различных типоразмеров (2,2 до 3,0 м/с).

В работах В. Б. Пермякова и К. В. Беляева представлена методика, определения для лёгких, средних и тяжёлых катков рациональных контактных давлений, рабочих скоростей уплотнения и числа проходов по одному следу с учётом температур уплотняемых смесей [44]. Также приведены рекомендации по режимам уплотнения асфальтобетонных смесей в благоприятных температурных диапазонах при максимально возможной производительности катков.

Задача определения условного максимума целевой функции сводится к нахождению обычного безусловного максимума функции Лагранжа, что может быть выполнено путем решения системы линейных уравнений.

В. Б. Пермяковым и В. Н. Ивановым в качестве критерия в модели оптимизации структуры парка дорожно-

строительных машин принят чистый дисконтируемый доход [44], определяемый по формуле

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=T} (R_t - Z_t) \alpha_t, \quad (1.8)$$

где R_t – результаты, достигаемые на t -ом шаге расчета;

Z_t – затраты осуществленные на том же шаге;

α_t – коэффициент дисконтирования.

П. И. Филимоновым рассмотрен вопрос формирования парка машин для производства ремонтно-строительных работ [44]. Работоспособность строительных машин предлагается оценивать с помощью коэффициента технической готовности, представляющим собой отношение времени, в течение которого машины находятся в работе, к общему рабочему времени:

$$\eta = \frac{365 - n}{365}, \quad (1.9)$$

где n – количество дней в году, когда машина находится на техническом обслуживании и ремонте.

В. Н. Ивановым и Р. Ф. Салиховым приведен путь определения эффективной структуры парка машин для работы с учетом календарного плана – графика производства и планово-предварительного проведения профилактических мероприятий, равномерной загрузки системы ремонта [34]. Представленная задача решается с помощью, разработанной авторами модели

$$\sum_{k=1}^{k=K} Z^k \rightarrow \max, \quad (1.10)$$

где k – порядковый номер смены;

Z^k – частный эффект от использования комплектов машин в k -ю смену.

С. М. Кузнецовым для совершенствования вариантного проектирования разработана систему проектирования

ресурсосберегающих парков, комплексов и комплектов машин для строительства сооружений, работающую с неполной исходной информацией на основе современных информационных технологий.

Эффективная система может быть разработана только при наличии баз данных и программного обеспечения для работы с ними.

Минимизировать организационно-технологический риск и повысить ОТН строительства предлагается с помощью минимизации риска работы систем машин. Если учесть, что в транспортном строительстве до 95% объемов работ выполняются машинами, а в промышленном и гражданском строительстве - около 85%, то можно утверждать, что надежность строительства в значительной степени зависит от эффективной работы строительных и дорожных машин.

Для определения продолжительности процессов с заданной вероятностью следует в нормативных документах приводить среднюю величину и среднее квадратическое отклонение нормы времени. Тогда продолжительность выполнения процессов с минимальным риском можно будет определять по формуле [23-40]:

$$t = \bar{t} + r, \quad (1.11)$$

где r – риск продолжительности выполнения процессов;

\bar{t} – средняя продолжительность выполнения процессов.

Риск продолжительность выполнения процессов определяется по формуле:

$$r = \sqrt{V}, \quad (1.12)$$

где V – вариация отклонения от среднего значения продолжительности выполнения процессов.

Для оценки продолжительности строительства, выдерживаемой с минимальным риском с помощью имитационной

модели строительства объектов, Н. А. Сироткиным проанализированы соответствующие выборки [23-40].

Для анализа изменения продолжительности процессов при минимальном риске воспользуемся следующим уравнением:

$$V_p = \overline{\Pi}_3 \cdot \bar{t} = \Pi_{\text{ЭМ}} \cdot t_M, \quad (1.13)$$

где V_p – объем работ;

$\Pi_{\text{ЭМ}}$ и $\overline{\Pi}_3$ – соответственно эксплуатационная производительность при минимальном риске и средняя эксплуатационная производительность машины;

t_M и \bar{t} – соответственно продолжительность работы при минимальном риске и средняя продолжительность работы машины.

Из выражения (1.13) находится изменение продолжительности процессов при минимальном риске:

$$\frac{\bar{t}}{t_M} = \frac{\overline{\Pi}_3}{\Pi_{\text{ЭМ}}} = \frac{\Pi_T \overline{K}_B}{\Pi_T K_{\text{ВМ}}} = \frac{\overline{K}_B}{K_{\text{ВМ}}} = \frac{\overline{K}_B}{\overline{K}_B - r'}, \quad (1.14)$$

где Π_T – техническая производительность машины;

$K_{\text{ВМ}}$ и \overline{K}_B – соответственно коэффициент использования машины по времени с минимальным риском и средний коэффициент;

r – риск отклонения от среднего значения.

При минимальном риске продолжительность работы бульдозеров увеличится в 1,096 раз, буровых станков – в 1,097 раз, земснарядов – в 1,042 раз и роторных экскаваторов – в 1,064 раз.

Проведенные исследования по работе строительных машин за 11-ти летний период показали, что при минимизации организационно-технологического риска эксплуатации машин продолжительность строительства может увеличиться не более чем на 10 процентов.

Для оценки надёжности инвестиционных проектов соискателем разработана соответствующая имитационная модель, с помощью которой создаётся выборка заданного объёма и определяется надёжность реализации инвестиционного проекта. Под имитационной моделью понимается модель воспроизведения процессов, происходящих в системе, с искусственной имитацией случайных величин, от которых зависят эти процессы, с помощью датчика случайных чисел.

При наличии данных по инвестиционному строительному проекту следует отметить, что затраты на изыскание, проектирование и строительство объекта должны подчиняться следующему условию:

$$K \leq \sum_{t=1}^T \frac{p_{dt} \cdot D_{dt} - p_{kt} \cdot K_{dt}}{(1 + E)^t}, \quad (1.15)$$

где T – срок окупаемости инвестиционного проекта, лет;

p_{dt} – вероятностная доля отклонения денежных доходов в t -м году от ожидаемых доходов;

D_{dt} – ожидаемые денежные доходы в t -м году, р.;

p_{kt} – вероятностная доля отклонения денежных затрат в t -м году от ожидаемых затрат;

K_{dt} – ожидаемые денежные затраты в t -м году, р.;

E – процентная ставка (норма прибыли), ед.;

$T_{ин}$ – срок реализации инвестиционного проекта.

Предложенный инструментарий по оценке надёжности работы систем машин для строительства позволил учесть организационно-технологическую надёжность работы систем машин и создать имитационные модели инвестиционных проектов, календарных планов, очередности строительства, работы строительных машин, что позволит обеспечить их ритмичную работу, точнее определять время производства строительно-монтажных работ, что позволило снизить стоимости и повышению качества строительной продукции. Ус-

тановить значения ОТН с помощью имитационных моделей в инвестиционных проектах, календарных планах и при выборе очередности строительства, что позволило принимать организационно-технологические решения с заданной надежностью. Разработать методическое, математическое и программное обеспечение для оценки и прогнозирования надёжности инвестиционных проектов, календарных планов, технологических процессов и систем машин с использованием баз данных. Создать методику оценки организационно-технологической надёжности инвестиционных проектов, календарных планов, технологических процессов, систем и отдельных машин с использованием баз данных. Эта методика позволила оценить сформированные графики производства строительных работ как с точки зрения качества организационно-технологических решений, так и с точки зрения надёжности их достижения. Усовершенствована модель оптимизации потока за счет оценки организационно-технологической надёжности рассматриваемых вариантов очередности строительства объектов. Модель позволит с большей степенью вероятности планировать их ритмичную работу на объектах, уменьшить время производства строительно-монтажных работ. Предложен инструментарий для оценки надёжности инвестиционных проектов, календарных планов и порядка строительства. Он позволяет принимать организационно-технологические решения с реальной надёжностью.

По мнению С. М. Кузнецова формирование оптимальной структуры системы машин на основе предложенной методологии обеспечивает эффективное применение машин обеспечивает снижение стоимости и трудоемкости строительно-монтажных работ при соблюдении запланированного графика строительства [23-40].

Оптимизацию работы систем машин соискателем предлагается проводить неразрывно с оптимизацией проектных и организационно-технологических решений строительства

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru