

УДК 51-74

## МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАБОЧЕГО ЦИКЛА САМОХОДНЫХ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

**Т.А. Скрипочка**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры колесных и гусеничных транспортных средств, Государственное высшее учебное заведение «Национальная металлургическая академия Украины», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [tatyanaskr08@mail.ru](mailto:tatyanaskr08@mail.ru)

**Аннотация.** С помощью разработанной математической модели на примере автомобильных стреловых кранов проводится анализ физических факторов, которые оказывают влияние на период рабочего цикла.

**Ключевые слова:** стреловой автомобильный кран, рабочий цикл, математическое моделирование, факторный анализ, матрица компонент.

## MODELING, ASSESSMENT AND ANALYSIS OF PHYSICAL FACTORS WORKING CYCLE SELF LIFTING MACHINERY

**Tat'yana Skripochka**

Ph.D., National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [tatyanaskr08@mail.ru](mailto:tatyanaskr08@mail.ru)

**Abstract.** On the basis of the mathematical model developed by the example of automotive jib cranes analyzes the physical factors that affect the period of the operating cycle.

**Keywords:** luffing truck crane, duty cycle, mathematical modeling, factor analysis, matrix components.

**Введение.** В материально-техническом производстве значительная роль отводится подъемно-транспортным машинам во всех областях хозяйствования, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, при выполнении основных и вспомогательных операций. Любой технологический процесс связан с перемещением огромного количества грузов от сырья до готовой продукции. Именно для этих целей и предназначены стреловые автомобильные самоходные краны.

Полный цикл работы крана состоит из ряда последовательных операций: захват груза, его подъем и перемещение к месту назначения, опускание и отцепка груза, подъем и перемещение грузозахватного устройства или приспособления в исходное положение для захвата следующего груза и его последующего подъема и перемещения.

Так как работа крана состоит из повторяющихся циклов, то автомобильные стреловые самоходные краны относятся к подъемно-транспортным машинам циклического (периодического) действия в отличие от машин непрерывного действия (например, транспортеров), в которых перемещение грузов происходит непрерывным потоком.

Стреловые самоходные краны общего назначения служат для подъема и опускания грузов и перемещения их на небольшие расстояния в горизонтальном направлении при строительно-монтажных и перегрузочных работах на объектах. Важнейшим показателем работы кранов является производительность, которая находится в обратной зависимости от полного цикла работы кранов [1].

В работе [2] рассматривалось имитационное моделирование рабочих процессов транспортных машин с целью ранжирования их параметров. Тем не менее, исследование постоянных и переменных факторов, влияющих на производительность машины до этого времени не было рассмотрено. Этим объясняется актуальность темы данной статьи, которая посвящена определению факторов, влияющих на время цикла стрелового крана.

**Цель работы.** Целью данной работы является математическое моделирование времени одного цикла работы стреловых кранов для выявления наиболее благоприятных физических аспектов факторов при анализе работы среди представленных марок машин.

Функциональную зависимость факторов, влияющих на производительность машин в процессе ее работы, можно представить в следующем виде (для машин периодического действия)

$$\Pi_{\Pi} = f(k_{\text{в}}, k_{\text{г}}, G, v_{\text{к}}, v_{\text{н}}, v_{\text{с}}, v_{\text{д}}, T_{\text{ц}}),$$

где  $k_{\text{в}}, k_{\text{г}}$  – коэффициенты использования машины соответственно по времени и загрузке;

$G$  – номинальная грузоподъемность;

$v_{\text{к}}, v_{\text{н}}, v_{\text{с}}, v_{\text{д}}$  – скорости подъема и опускания груза, передвижения машины и изменения положения ее конструкций для машин периодического действия;

$T_{\text{ц}}$  – время работы машины.

Суточная эксплуатационная производительность машины

$$\Pi_{\text{с}} = Q \cdot n \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{г}} \cdot t_{\text{см}},$$

$$n = 60 / T_{\text{ц}},$$

где  $Q$  – грузоподъемность крана, т, при данном вылете стрелы, м;

$n$  – количество циклов за 1 ч работы;

$k_{\text{в}}$  – коэффициент использования машины по времени;

$k_r$  – коэффициент использования крана по грузоподъемности (по полезной массе) при работе с одним определенным грузом (в случае подъема различных грузов принимается среднее значение  $k_r$ );

$t_{см}$  – усредненная продолжительность работы крана в течение смены, ч (при 5-дневной рабочей неделе);

$T_{ц}$  – время одного цикла, мин.

Система является многофакторной. Проведем исследование постоянных и переменных факторов. Определим факторы, которые влияют на время цикла стрелового крана  $T_{ц}$ . Время цикла – величина обратно пропорциональная производительности, поэтому исследуя этот параметр, можно определить марки автокранов с наивысшей производительностью.

С помощью факторного анализа можно решить, по крайней мере, четыре основные задачи:

1. отыскание скрытых, но объективно существующих закономерностей, которые определяются воздействием внутренних и внешних причин на изучаемый процесс;
2. сжатие информации путем описания процесса при помощи общих факторов или главных компонент, число которых значительно меньше количества первоначально взятых признаков;
3. выявление и изучение связи признаков с факторами или главными компонентами;
4. после выявления признаков, наиболее тесно связанных с данным фактором, можно выработать научно обоснованное управляющее решение, способное повысить эффективность функционирования процесса.

Для решения этих задач необходимо рассмотреть четыре основные проблемы:

- а) общности;
- б) факторов;
- в) вращения;
- г) оценки значений факторов;
- д) динамики изучаемых процессов.

**Материал и результаты исследований.** Факторный анализ проводили с помощью программы (SPSS-Statistics-17.0).

При определении продолжительности цикла стреловых кранов следует учитывать вращение стрелы в вертикальной и горизонтальной плоскостях [3, 4].

Продолжительность цикла для таких кранов определяется выражением

$$T_{ц} = t_3 + t_0 + \varphi \left( \frac{2l}{v_d} + \frac{2H_H}{v_{II}} + \frac{2H_K}{v_{II}} + \frac{\alpha}{180 \cdot \omega} + \frac{l_c}{v_c} \right),$$

где  $t_3, t_0$  – время отстроповки и застроповки груза;

$l$  – среднее расстояние перемещения крана, м;

$v_d$  – средняя скорость движения крана, м/с;

$H_H, H_K$  – средняя высота подъема и опускания грузозахвата в пункте захвата груза и освобождения от него, м;

$v_{II}$  – скорость подъема груза, м/с;

$v_c$  – скорость горизонтального движения грузозахвата при изменении вылета стрелы (при ее повороте в вертикальной плоскости), м/с;

$l_c$  – средняя величина изменения вылета стрелы при перемещении груза, м;

$\alpha$  – средний угол поворота крана при перемещении груза, град;

$\omega$  – частота вращения стрелы крана в горизонтальной плоскости, 1/с, (принимается  $\omega = 0,025 \dots 0,04$  1/с) [1].

Имеются данные исследования 17 стреловых автомобильных кранов на базе различных шасси [5, 6]. Исходные данные по кранам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

№ п/п	Марка автокрана, грузоподъемность, шасси	Время цикла, с
1.	КС- 7140 40 КРА365053	185,81
2.	КС- 4371 16 ЗМЛ 130	360,81
3.	МКАС-10 10 МА3-5334	225,03
4.	МКА-10М 10 ПС-401	353,74
5.	КС- 6471 40 ПС-401	224,87
6.	КС- 1562А 5 ГАЗ- 5317	387,14
7.	КС- 2561К 6.3 ЗИЛ-130	241,87
8.	КС- 5473 25 КРА3-65053	445,32
9.	МКА-16 16 КрАЗ- 257	351,92
10.	КС- 3577 12.5 МА3-5334	195,13
11.	КС- 3562Б 10 МА3-5335	286,03
12.	КС- 3573А 10 ЗИЛ- 133/ТЯ	225,81

Продолжение таблицы 1

13.	КС- 7471 63 ПС-632	255,40
14.	КС- 4561А 16 КрАЗ- 257К	312,22
15.	КС- 4571 16 КрАЗ- 257К	163,33
16	КС- 8471 100 ПС-10002	253,83
17.	МКА-6,3 6.3 ЗИЛ-130	571,24

Принимаем время  $t_3$  и  $t_0$  для всех марок машин одинаковым, коэффициент совмещения операций  $\varphi = 0,85$ , тогда необходимо:

- провести факторный анализ следующих переменных –  $l_d, v_d, H_H, H_K, v_{II}, v_K, l_c, v_c, \alpha, \omega$ ;
- выявить и интерпретировать факторные признаки;
- указать наиболее эффективные стреловидные краны для перемещении грузов.

В качестве исходных данных были взяты параметры для 17 марок стреловых кранов. Результаты работы программы SPSS представлены в виде таблиц 2-8.

По таблице 4 видно, что выделены 3 фактора, объясняющие 69,3% вариаций переменных – построенная модель достаточно хороша.

Таблица 2 – Описательные статистики

	Среднее	Стд. отклонение	Анализ N
$l_d$	93,6294	86,51947	17
$v_d$	17,4000	3,64692	17
$H_H$	17,0000	13,61084	17
$H_K$	7,5529	4,41094	17
$v_{II}$	0,2618	0,16394	17
$v_K$	0,5176	0,51963	17
$l_c$	8,1176	3,92846	17
$v_c$	0,1924	0,08474	17
$\alpha$	297,0000	55,82786	17
$\omega$	0,0312	0,00600	17

Таблица 3 – Общности

	Начальные	Извлеченные
$I_d$	1,000	0,706
$v_d$	1,000	0,599
$H_H$	1,000	0,875
$H_K$	1,000	0,902
$v_H$	1,000	0,678
$v_K$	1,000	0,739
$I_c$	1,000	0,596
$v_c$	1,000	0,577
$\alpha$	1,000	0,473
$\omega$	1,000	0,793

Метод выделения: анализ главных компонент.

Таблица 4 – Полная объясненная дисперсия

Компонента	Начальные собственные значения		
	Итого	% Дисперсии	Кумулятивный %
1	3,669	36,686	36,686
2	1,815	18,152	54,838
3	1,452	14,520	69,358
4	0,924	9,239	78,597
5	0,650	6,501	85,098
6	0,595	5,952	91,051
7	0,454	4,538	95,589
8	0,248	2,482	98,071
9	0,164	1,636	99,707
10	0,029	0,293	100,000

Продолжение таблицы 4

Компонента	Суммы квадратов нагрузок извлечения		
	Итого	% Дисперсии	Кумулятивный %
1	3,669	36,686	36,686
2	1,815	18,152	54,838
3	1,452	14,520	69,358
4	–	–	–
5	–	–	–
6	–	–	–
7	–	–	–
8	–	–	–
9	–	–	–
10	–	–	–

Метод выделения: анализ главных компонент.

Таблица 5 – Матрица компонент

	Компонента		
	1	2	3
$I_D$	0,060	0,386	-0,743
$v_D$	-0,520	0,138	0,556
$H_H$	0,925	-0,038	0,132
$H_K$	0,828	0,424	0,193
$v_{II}$	0,342	0,748	-0,038
$v_K$	0,701	-0,479	0,135
$I_C$	0,611	-0,456	0,122
$v_C$	0,698	0,083	0,288
$\alpha$	0,361	0,583	0,056
$\omega$	0,505	-0,351	-0,644

По результатам матрицы повернутых компонент можно определить, какие факторы входят в выделенные SPSS три компоненты. Определить можно по величине максимальных нагрузок. Так, в первую компоненту вошли переменные  $H_H$ ,  $v_K$ ,  $I_C$ ,  $v_C$ , во вторую –  $v_{II}$ ,  $H_K$ ,  $\alpha$ , в третью –  $I_D$ ,  $v_D$ ,  $\omega$ .

Таблица 6 – Матрица повернутых компонент

	Компонента		
	1	2	3
$l_D$	-0,403	0,299	0,673
$v_D$	-0,284	-0,080	-0,715
$H_H$	0,807	0,425	0,209
$H_K$	0,529	0,785	0,072
$v_H$	-0,098	0,813	0,081
$v_K$	0,840	-0,067	0,171
$l_C$	0,752	-0,093	0,149
$v_C$	0,623	0,434	-0,028
$\alpha$	0,030	0,687	0,017
$\omega$	0,343	-0,120	0,813

Метод выделения: Анализ методом главных компонент. Метод вращения: Варимакс с нормализацией Кайзера. Вращение сошлось за 5 итераций.

Фактор 1 наиболее тесно связан с высотой подъема груза и имеет обратную зависимость от среднего угла поворота крана.

Фактор 2 наиболее тесно связан со скоростью подъема груза и имеет обратную зависимость от скорости опускания груза.

Фактор 3 наиболее тесно связан с параметрами движения крана и имеет обратную зависимость от среднего угла поворота крана.

Таблица 7 – Матрица преобразования компонент

	Компонента		
	1	2	3
1	0,801	0,482	0,354
2	-0,480	0,872	-0,101
3	0,358	0,089	-0,930

Метод выделения: Анализ методом главных компонент. Метод вращения: Варимакс с нормализацией Кайзера.



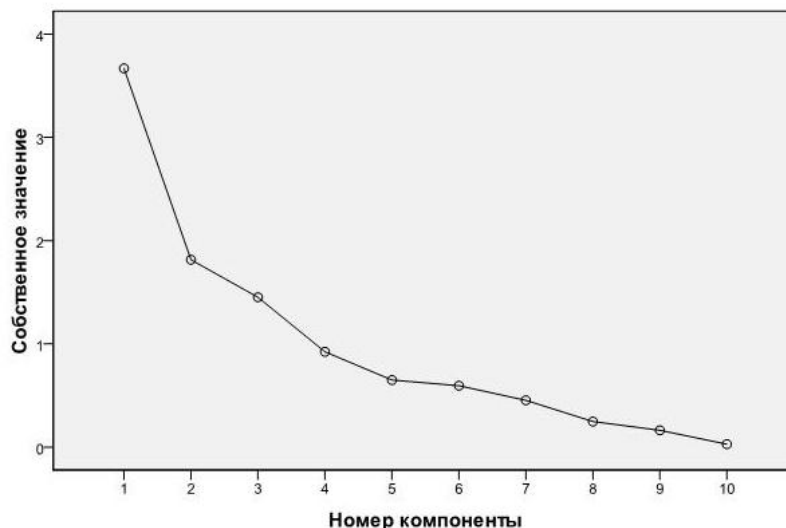


Рисунок 1 – График нормализованного простого стресса

Для того, чтобы указать наиболее подходящие стреловые краны для перемещения грузов, учитываем, что время цикла находится в обратной зависимости от производительности, проводим сортировку данных по 3 факторным признакам по убыванию.

Таблица 8 – Сортировка данных

Номер	Номер	Номер
1	4	11
2	16	6
17	14	9
16	8	2
3	1	1
15	12	10
4	5	12
5	3	3
6	10	13
7	11	5
14	9	14
8	15	7
13	2	15
9	7	16
10	13	8
11	17	17
12	6	4

**Выводы.** Показатели исследования необходимы для технико-экономических обоснований и выбора мер по повышению производительности машин. Согласно полученным данным делаем выводы, что наиболее подходящими для работы с высокой производительностью, учитывая обратную зависимость от времени цикла, являются стреловые краны 1,15, 5,10: КС-7140 40 КРАЗ 65053; КС- 1562А 5; ГАЗ- 5317; КС- 6471 40 ПС-401; КС- 3562Б 10 МАЗ-5335.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины / М.П. Александров – М.: Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. Недорезов И.А., Симонов Н.Н. Имитационное моделирование рабочих процессов землеройно-транспортных машин с целью ранжирования их параметров / И.А. Недорезов, Н.Н. Симонов // Вестник ХНАДУ. – 2012. Вып. 57, С. 63 – 67.
3. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Учебник для ВУЗов / В.П. Тарасик – М.: ДизайнПРО, 1997. – 640 с.
4. Математические модели технических объектов. / В.А.Трудоношин, Н.В.Пивоварова. – М.: Выш. шк., 1988. – 159 с.
5. Паргаманик И. М. Грузоподъемные краны стрелового типа. Справ. пособие / И. М. Паргаманик. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 141 с.
6. Падня В. А. Погрузочно-разгрузочные машины. Справочник / В. А. Падня. – М.: Транспорт, 1982. – 448 с.

УДК 004.624:004.056.52

## ПРОГРАМНА СИСТЕМА МИТТЄВОЇ ДОСТАВКИ ПОВІДОМЛЕНЬ ЧЕРЕЗ ІНТЕРНЕТ-БРАУЗЕР ЗА ДОПОМОГОЮ WEB PUSH API

**О.С. Шаповал<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>студент, факультет інформатики та обчислюваної техніки, кафедра автоматизації та управління в технічних системах, група ІА-23, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, e-mail: [abit-poisk@yandex.ua](mailto:abit-poisk@yandex.ua)

**Анотація.** В роботі описано створення програмної системи push-повідомлень через браузер за допомогою Web Push Api, яка дозволяє користувачам своєчасно отримувати нову інформацію від сайту. Сервіс інформує клієнтів навіть за відсутності відкритого браузера, чи тимчасово неактивного Інтернет-з'єднання.

**Ключові слова:** пуш-повідомлення, абіт пошук, інтернет-сервіс