

УДК 69.002.5

***МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОЧЕГО
ЦИКЛА КРАНА ПРИ БЕТОНИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ БАДЬЕЙ***

Постовой А.А.¹

магистрант,

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г.

Шахты,

Шахты, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе представлены результаты четвёртой части исследования, направленного на разработку математической модели рабочего цикла крана при бетонировании конструкций с помощью бадьи. Разработана модель, включающая 16 процессов работы крана, которая при необходимости может быть изменена и дополнена. Сформирована таблица, в которой отражена подробная расшифровка величин, входящих в модель, а также приведены общие рекомендации по её использованию.

Ключевые слова: кран с бадьёй, математическая модель, бетонирование конструкций, технология бетонирования, бетонная смесь.

***MODEL FOR DETERMINING THE WORK CYCLE DURATION OF A
CRANE WHEN CONCRETING STRUCTURES USING A BUCKET***

Postovoy A.A.

undergraduate,

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU in Shakhty,

Shakhty, Russian Federation

¹ Научный руководитель: Масленников С.А. к.т.н., доцент, Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты

Annotation. This paper presents the results of the fourth part of the study aimed at developing a mathematical model of the working cycle of a crane when concreting structures using a bucket. A model has been developed that includes 16 crane operation processes, which can be changed and supplemented if necessary. A table has been formed, which reflects a detailed explanation of the values included in the model, as well as general recommendations for its use.

Keywords: bucket crane, mathematical model, concreting of structures, concreting technology, concrete mix.

Строительство зданий и сооружений сопровождается множеством процессов, продолжительность которых следует определить с максимальной точностью, чтобы оптимально составить порядок выполнения работ, графики поставки материалов и аренды техники, а также простои, которые негативно сказываются на качестве конструкций и дополнительных финансовых затратах. Одним из наиболее распространённых способов подачи бетонной смеси к месту укладки является кран с бадьёй, продолжительность работы которого зависит от множества факторов. Для определения временных затрат на бетонирование конструкций рассчитывается эксплуатационная производительность крана, которая зависит от продолжительности рабочего цикла. В открытом доступе имеются несколько формул помогающих в решении данной задачи, но они не учитывают все процессы [1,3,5], что приводит к повышению неточности последующих расчетов.

В связи с этим было решено выполнить комплексное исследование, направленное на разработку модели продолжительности рабочего цикла крана, так как исследование объёмное, оно разбито на несколько частей, данная работа является четвёртой частью.

Актуальность выполненной работы:

В нынешних экономических условиях предпочтение отдаётся выполнению тех проектов, которые требуют меньших финансовых затрат, чего возможно достигнуть за счёт оптимизации рабочего процесса (сокращение простоев и

времени аренды техники). В данном случае, разработка модели позволит получать более точные результаты расчётов и соответственно: эффективнее планировать процессы на строительной площадке, оптимизировать график работы, повысить качество технологии бетонирования, определить подходящий способ подачи смеси в конструкции, который зависит от условий труда и эксплуатационной производительности.

В данной части исследования, задача автора заключалась в разработке математической модели для определения продолжительности рабочего цикла крана, а также определении временных затрат на процессы работы крана при подаче бетонной смеси.

Общий вид математической модели рабочего цикла крана представлен в виде формулы (1):

$$T = \sum_{a=1}^{n=3} t_a + \sum_{b=4}^{n=8} t_b + \sum_{c=9}^{n=10} t_c + \sum_{d=11}^{n=15} t_d + \sum_{e=16}^{n=16} t_e, \quad (1)$$

где $\sum_{a=1}^{n=3} t_a$ – сумма факторов, входящих в работы по загрузке бады;

$\sum_{b=4}^{n=8} t_b$ – сумма факторов, входящих в работы по подаче смеси к месту укладки;

$\sum_{c=9}^{n=10} t_c$ – сумма факторов, входящих в работы по выгрузке бады;

$\sum_{d=11}^{n=15} t_d$ – сумма факторов, входящих в работы по подаче порожней бады к месту загрузки;

$\sum_{e=16}^{n=16} t_e$ – сумма факторов, входящих в отдельные работы.

Разработанная модель состоит из ряда дополнительных формул необходимых для повышения точности расчёта. Основная их структура с расшифровкой входящих величин приведена в таблице 1. Следует отметить, что некоторые процессы могут быть упущены и не учтены автором в данной модели, поэтому она при необходимости может быть дополнена.

Таблица 1 – Величины для расчёта рабочего цикла крана

№	Формула	Расшифровка
1	2	3
Загрузка бадьи, t_a		
1	$\sum_{a=1}^{n=3} t_a = t_p + t_{стп} + t_{рас}$	t_p – время разгрузки бетонной смеси из автобетоновоза в бадью, мин; $t_{стп}$ – время строповки бадьи, мин; $t_{рас}$ – время расстроповки бадьи, мин.
Подача смеси к месту укладки, t_b		
2	$\sum_{b=4}^{n=8} t_b = (t_{п1} + t_{пов1} + t_{выл1} + t_{дв1} + t_{о1}) \cdot K_{сов},$ $t_{п1} = \frac{2,5H}{V_{п}},$ $t_{пов1} = \frac{n_1}{n},$ $n_1 = \frac{\alpha}{360},$ $t_{выл1} = \frac{l_{выл}}{V_{выл}},$ $t_{дв1} = \frac{l_{дв}}{V_{дв}},$ $t_{о1} = \frac{2,5H}{V_0}.$	$t_{п1}$ – время подъема бадьи до уровня переноса, мин; 2,5 – коэффициент, учитывающий подъем и опускание груза на высоту H , а также уменьшение скорости его перемещения в начале подъема и при посадке. При возведении сооружения в котловане его величина принимается – 1,2; H – высота подъема (опускания) бадьи, м; $V_{п}$ – скорость подъема бадьи, м/мин; $t_{пов1}$ – время поворота крана, мин; n_1 – количество оборотов крана при подаче бадьи, об; α – угол поворота крана, °; n – скорость (частота) вращения крана, об/мин; $t_{выл1}$ – время вылета грузовой тележки (стрелы) крана, мин; $l_{выл}$ – длина перемещения грузовой тележки или проекции головного блока стрелы при изменении вылета, м; $V_{выл}$ – скорость изменения вылета м/мин; $t_{дв1}$ – время движения крана, мин; $l_{дв}$ – длина пути перемещения крана, м; $V_{дв}$ – скорость перемещения крана, м/мин. Данный компонент можно принять равным нулю, т.к. при подаче бадьи в блок кран обычно не перемещается, затраты времени на подвижки вдоль котлована учтены в величине $K_{сов}$; $t_{о1}$ – время опускание бадьи до уровня разгрузки, мин; V_0 – скорость опускания бадьи, м/мин; $K_{сов}$ – коэффициент, учитывающий совмещение операций при работе крана (подъём и опускание бадьи, поворот крана, передвижки), равен 0,70.
Выгрузка бадьи, t_c		
3	$\sum_{c=9}^{n=10} t_c = (t_{выг} \text{ или } t_{упл}),$ $t_{выг} = \left(\frac{V}{Q}\right) / 60,$ $Q = \mu \cdot S_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{(\rho \cdot g \cdot h)}{2}},$	$t_{выг}$ – время выгрузки бетонной смеси из бадьи, мин; V – объём бадьи, м ³ ; Q – расход при истечении смеси через отверстие, м ³ /с; μ – коэффициент расхода жидкости; S_0 – площадь отверстия, через которое вытекает смесь, м ² ;

	$t_{упл.гл} = \frac{V_6}{\Pi_3} \cdot 60,$ $\Pi_3 = K_B \cdot \Pi_T,$ $\Pi_{Т.гл} = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot R^2 \cdot H \cdot k_{\Pi}}{(t_{виб} + t_{пер})},$ $R = (5 \dots 6) \cdot D_n,$ $H = L_P - (0,05 \dots 0,1),$ $t_{упл.пов} = \frac{V_6}{\Pi_3} \cdot 60,$ $\Pi_{Т.пов} = 3600 \cdot \frac{F \cdot \delta \cdot k_{\Pi}}{(t_{виб} + t_{пер})}.$	<p>ρ – плотность материала, кг/м³; g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²; h – высота бадьи, м; $t_{упл.гл}$ – время уплотнения участка с помощью глубинных вибраторов, мин; V_6 – объём бетона, м³; Π_3 – эксплуатационная производительность вибратора, м³/ч; K_B – коэффициент использования вибратора по времени в течение смены, 0,75-0,85; Π_T – техническая производительность вибратора, м³/ч; R – радиус действия вибратора, м; D_n – диаметр рабочего органа вибратора, м; H – толщина прорабатываемого слоя уложенной бетонной смеси, м; L_P – длина рабочего органа вибратора, м; k_{Π} – коэффициент перекрытия зон вибрирования, 0,7; $t_{виб}$ – оптимальная продолжительность вибрирования на одной позиции, с [3]; $t_{пер}$ – время перестановки вибратора с одной позиции на другую, 5-15 с; $t_{упл.пов}$ – продолжительность уплотнения участка с помощью поверхностных вибраторов, мин; F – рабочая площадь основания вибратора, м²; δ – толщина конструкции, м (не должна превышать 0,25 м); k_{Π} – коэффициент перекрытия, 0,9.</p>
<p>Подача порожней бадьи к месту загрузки, t_d</p>		
<p>4</p>	$\sum_{d=11}^{n=15} t_d = (t_{п2} + t_{пов2} + t_{выл2} + t_{дв2} + t_{о2}) \cdot K_{сов},$ $t_{п2} = \frac{2,5H}{V_{\Pi}},$ $t_{пов2} = \frac{n_1}{n},$ $n_1 = \frac{\alpha}{360},$ $t_{выл2} = \frac{l_{выл}}{V_{выл}},$ $t_{дв2} = \frac{l_{дв}}{V_{дв}},$ $t_{о2} = \frac{2,5H}{V_0}.$	<p>$t_{п2}$ – время подъем бадьи до уровня переноса, мин; $t_{пов2}$ – время поворота крана, мин; $t_{выл2}$ – время вылета грузовой тележки (стрелы) крана, мин; $t_{дв2}$ – время движения крана, мин; $t_{о2}$ – время опускания бадьи до уровня разгрузки, мин.</p>
<p>Отдельные работы, t_e</p>		

5	$\sum_{e=16}^{n=16} t_e = t_{пр.}$	$t_{пр}$ – время промывки бадьи, мин.
---	------------------------------------	---------------------------------------

Продолжительность $t_{стр}$ и $t_{рас}$ учитывается один раз при использовании одной бадьи в тот момент, когда завершён процесс бетонирования. В случае использования двух и более бадей, количество $t_{стр}$ и $t_{рас}$ увеличится, но при этом в первом цикле подачи t_p учитывается, а в дальнейших нет, так как выгрузка смеси выполняется заранее, с целью исключения простоя.

Если бетонируется слоями одна конструкция, то требуется суммировать значение $t_{выг}$ и $t_{упл}$, если несколько, то учитывается только $t_{выг}$, но при возвращении к бетонированию исходной конструкции, процесс уплотнения всё ещё может продолжаться.

Часть процессов, входящих в модель, не может быть рассчитана по формулам, в связи с этим ниже приводятся ориентировочные значения продолжительности их выполнения:

1. Разгрузка бетонной смеси из автобетоновоза в бадью, t_p :
 - из автобетоновоза или автобетоносмесителя: 0,5-1,5 мин. Также можно принять скорость выгрузки бетонной смеси из барабана равной 0,5 м³/мин;
 - из автосамосвалов: 1,5-5 мин [2].
2. Строповки бадьи, $t_{стр}$: 0,5-1 мин.
3. Расстроповка бадьи, $t_{рас}$: 0,35-0,5 мин [4].
4. Промывка бадьи, $t_{пр}$. После каждого опорожнения, бадью требуется очищать от остатков бетонной смеси, продолжительность данного процесса не удалось найти в методических указаниях или других доступных источниках, поэтому привести точное значение не представляется возможным. Также требуется проводить очистку бадьи вне места бетонирования, не менее 2 раз в смену и при перерывах бетонирования более 1 ч.

Некоторые операции при выполнении рабочего цикла крана будут совмещаться (подъем и перемещение груза). В этом случае предусмотрено применение коэффициента, входящего в модель, который отвечает за учет данных

факторов, но также можно учитывать только наиболее длительную из совмещаемых операций.

На основе проделанной работы были сделаны следующие выводы:

1. Разработана модель, включающая в себя 16 процессов работы крана, которая при необходимости может быть изменена и дополнена.
2. Сформирована таблица, в которой отражена подробная расшифровка величин, входящих в модель рабочего цикла крана.
3. Для одной части величин представлены формулы, позволяющие определить их продолжительность, а для другой приведены конкретные значения, взятые из источников.
4. Приведены общие рекомендации для использования модели.

Библиографический список:

1. Галузин В.М. Бетонирование массивных фундаментов: Методические указания. / В.М. Галузин // СПбГТУ: Кафедра технологии, организации и экономики строительства. Инженерно-строительный факультет. – 202. – 23 с.
2. Евдокимов Н.И. Технология монолитного бетона и железобетона: учебное пособие для строительных вузов // Н.И. Евдокимов, А.Ф. Мацкевич, В.С. Сытник. – М.: Высшая школа, 1980. – 335 с.
3. Постовой А.А. Анализ методик расчета продолжительности подачи бетонной смеси кранами в бадьях / А.А. Постовой // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых : Сборник трудов X Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Челябинск, 22 апреля 2021 года. – Челябинск: Южно-Уральский технологический университет. – 2021. – С. 762-770.
4. Подбор средств механизации и увязка их по производительности / StudFiles [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://studfile.net/preview/9015868/page:2/> (дата обращения: 21.05.2024).

5. Телешев В.И. Производство гидротехнических работ. Часть 1: учеб. для вузов / В.И. Телешев, Н.И. Ватин, А.Н. Марчук. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2020. – 430 с.

Оригинальность 87%