

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ МОЩНОСТНЫХ ЗАТРАТ НА ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТОЕК ТИПА СК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПОСОБА ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ НА ЧАО «БЕТОН НОВА»

Приведена зависимость для определения общих затрат мощности оборудования технологической линии по производству стоек СК способом центрифугирования. Приведена зависимость для определения отдельных составляющих общих затрат мощности, учитывая предложенную замену бетонораздавального на бетоноукладчик. Рассмотрена возможность определения затрат мощности на процесс уплотнения бетонной смеси при формировании железобетонных стоек в зависимости от работы оборудования и времени на ее выполнение.

Ключевые слова: мощность, мощностные затраты, центрифугирование.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. На заводе ЧАО «Бетон Нова» для изготовления стоек используют агрегатно-поточный способ, с помощью которого обеспечивается серийное производство стоек железобетонных опор. Все технологические операции осуществляются на ряде специализированных постов, не связанных между собой какими-либо автоматизированными транспортными средствами (рис. 1).

Анализ последних исследований и публикаций, в которых впервые предлагалось решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение не решенных прежде задач общей проблемы, которым посвящается указанная статья. На основании результатов проведенных исследований в технологической линии по производству стоек СК были выполнены следующие усовершенствования:

– на посту центрифугирования (рис. 1, д) был введен высокочастотный режим центрифугирования, который позволяет отключить второй двигатель мощностью 80 кВт при достижении частоты вращения центрифуги $n = 420 \text{ мин}^{-1}$;

– на посту формовки (рисунок 1, в) челюстной раздатчик бетонной смеси был заменен на роторный бетоноукладчик (рис. 2, 3), что позволило сократить время укладки бетонной смеси в форму (опалубку) на 9%.

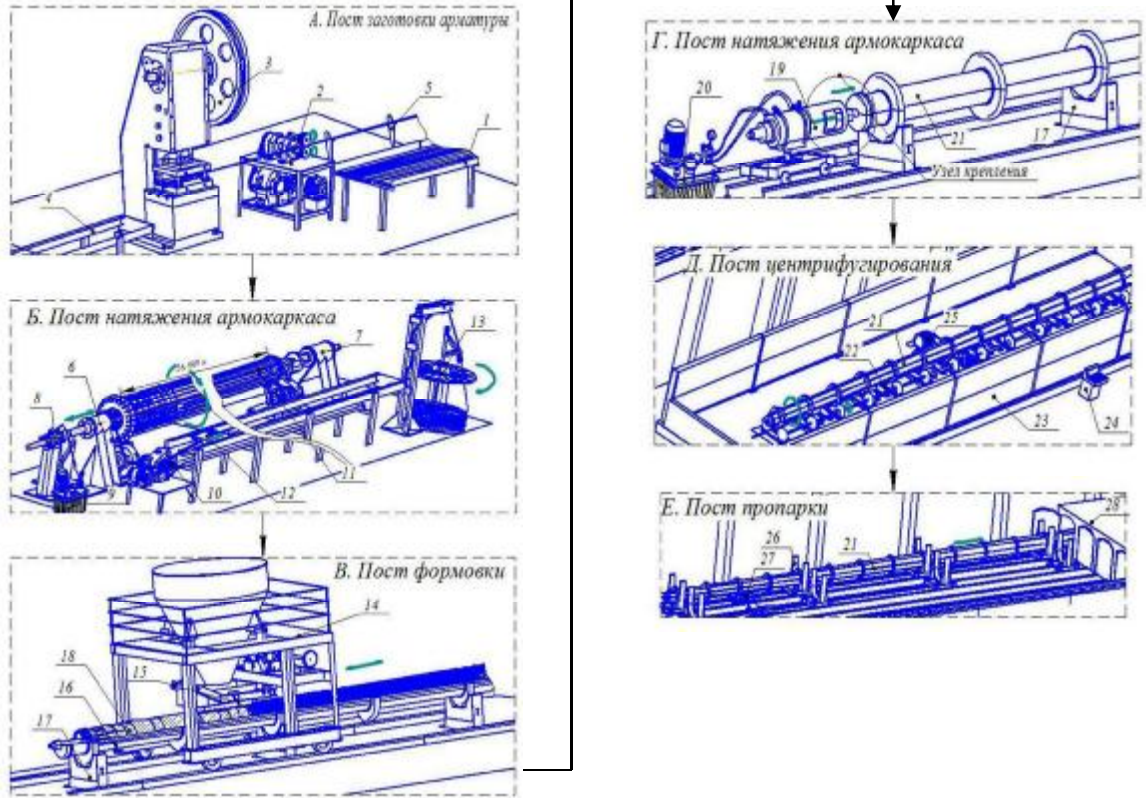


Рис. 1. Технологическая схема производства стоек СК на ЧАО «Бетон Нова»:
 А – пост заготовки арматуры; Б – пост сборки армокаркаса; В – пост укладки бетонной смеси в опалубку; Г – пост натяжения армокаркаса; Д – пост центрифугирования; Е – пост пропарки

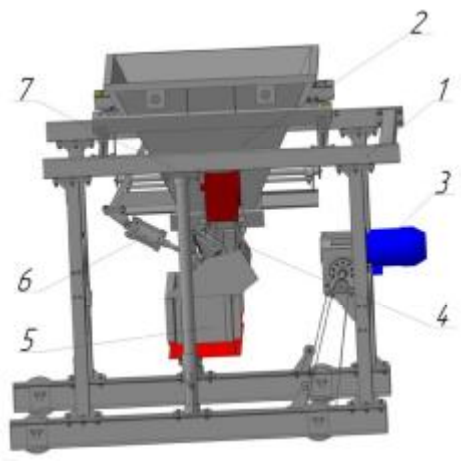


Рис. 2. Бетоноукладчик с челюстным питателем:
 1 – рама; 2 – приемный бункер; 3 – привод передвижения; 4 – шибер открытия-закрытия; 5 – рамка; 6 – пневмоцилиндр шибера; 7 – механизм поднятия-опускания рамки

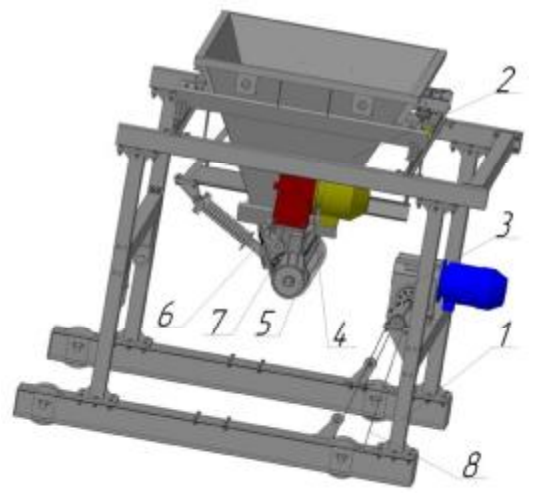


Рис. 3. Роторный бетоноукладчик:
 1 – рама; 2 – приемный бункер; 3 – привод передвижения; 4 – привод метателя; 5 – метатель бетонной смеси; 6 – предохранительная пружина; 7 – лопатки метателя

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием научных результатов. На основании выполненной модернизации составлена методика определения мощностных затрат основного оборудования линии.

Суммарная мощность технологической линии по производству стоек железобетонных опор для ЛЭП равна

$$\begin{aligned}
 N &= N_{pб} + N_{п} + N_{упл} + N_{в} + N_{р} = \\
 &= \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot 10^{-7} \cdot m \cdot n^3 \cdot n_{л} R_1^2}{\eta_{мех}} + \frac{G_6 \cdot y \cdot \sin \beta \cdot n_2}{102} + \frac{\pi r^2 \cdot L_{ст} (p(r)_{раскл} + p(r)_{упл})}{\pi \left[R_1^2 - (R_1 - \delta)^2 \cdot \rho^* \cdot 60 \sqrt{\frac{2\mu^3 \cdot \omega \cdot \ln\left(\frac{\rho^{**}}{\rho_0}\right)}{\tau_0^3}} \cdot L_{ст} \right]} + \\
 &\quad + c_1 \cdot \rho_1 \cdot R_1^3 \cdot \omega_y^3 \cdot F + W_0 \cdot R_6 \cdot \omega_y \cdot n_p, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где $N_{pб}$ – мощность, затрачиваемая на работу роторного бетоноукладчика;

$N_{п}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление статического момента массы бетонной смеси [1];

$N_{упл}$ – мощность, необходимая для осуществления процесса уплотнения центрифугой бетонной смеси;

$N_{в}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления ребер жесткости опалубки воздействию воздушных потоков;

$N_{р}$ – мощность, затрачиваемая на сопротивление сил трения в роликоопорах центрифуги.

Ротор бетоноукладчика диаметром D_1 по торцу его лопаток при внутреннем диаметре D_2 имеет ширину лопатки ротора $b = D_1 - D_2$ при общем количестве лопаток ротора $n_{л} = 8$ и длине ротора L , где $R_{тр}$ – внутренний диаметр формуемой стойки (рисунок 4). Длина ротора принимается $L = 0,7R_{тр}$.

Загрузка каждой лопатки вращающегося ротора бетонной смесью, поступающей из бункера, осуществляется в пределах угла φ от $\pi/4$ до $\pi/2$.

Масса сформировавшегося пакета бетонной смеси к моменту выброса лопаткой вращающегося ротора в стационарную форму определяется согласно зависимости

$$m = \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{l(R_1 - R_2)\rho_0}{2} d\varphi = \frac{\pi l \rho_0 (R_1 - R_2)}{8}, \quad (2)$$

где ρ_0 – средняя плотность бетонной смеси, укладываемой бетоноукладчиком в форму.

Исходя из общей зависимости для определения мощностных затрат на работу роторных метателей [2], для данного конкретного случая можно воспользоваться формулой

$$N_{p\delta} = \frac{k_4 \cdot k_2 \cdot 10^{-7} \cdot m \cdot n^3 \cdot R_1^2}{\eta_{mex}}, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где k_4 – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности роторного метателя (для однороторных метателей $k_4 = \left[30 + 6,8 \frac{f}{f - f_{\theta_0}} \right]$), при движении бетонной смеси в форму ($\theta_0 = 45^\circ$ при соотношении $\frac{R_2}{R_1} = 0,75$; $\theta_0 = 51,3^\circ$, при $\frac{R_2}{R_1} = 0,7$) [3];

k_2 – коэффициент, учитывающий заполнение бетонной смесью межлопастного пространства ($k_2 = 0,75 \dots 0,8$);

n – частота вращения ротора.

Мощность двигателя для центрифуги с предварительной загрузкой бетонной смеси в форму определяется по статическому моменту бетонной смеси M_{cm} [4]

$$N_{\Pi} = \frac{M_{cm} \cdot n_2}{102} = \frac{G_{\delta} \cdot y \cdot \sin \beta \cdot n_2}{102}, \text{ Вт}, \quad (4)$$

где G_{δ} – вес бетонной смеси, кг;

y – расстояние от оси изделия до центра тяжести сегмента, м;

β – угол, на который сместится центр тяжести бетонной смеси, зависящий от угла естественного откоса бетонной смеси. Величину угла β рекомендуется применять равной 60° ;

n_2 – частота вращения формы (опалубки) при распределении бетонной смеси по ее внутренней поверхности, мин^{-1} .



Рис. 4. Принципиальная схема ротора бетоноукладчика

Мощность, затрачиваемую на процесс уплотнения бетонной смеси способом центрифугирования, включая при этом отжатие воды из формирующейся толщины стенки изготавливаемого изделия, можно определить, с одной стороны, как $N_{упл} = \frac{A_1 + A_2}{t_{центриф}}$, а с другой стороны –

$$N_{упл} = V_{изд} \cdot \rho^* \cdot g \cdot \omega \cdot R_2,$$

где A_1 – элементарная работа, затрачиваемая на сжатие слоев бетонной смеси при вращении формы в режиме раскладки;

A_2 – работа, затрачиваемая на сжатие слоев бетонной смеси при вращении формы в режиме уплотнения бетонной смеси.

При этом:

$$dA_1 = p_{(r)раскл} \cdot 2\pi r \cdot L_{ст} \cdot dr; \quad A_1 = p_{(r)раскл} \cdot \pi r^2 \cdot L_{ст}; \quad (5)$$

$$dA_2 = p_{(r)упл} \cdot 2\pi r \cdot L_{ст} \cdot dr; \quad A_2 = p_{(r)упл} \cdot \pi r^2 \cdot L_{ст}, \quad (6)$$

где $L_{ст}$ – длина изготавливаемой стойки;

$p_{(r)раскл}$ – давление на слой бетонной смеси при начальной частоте вращения формы;

$p_{(r)упл}$ – давление на слой бетонной смеси при высокоскоростном режиме уплотнения;

$t_{центриф}$ – время на уплотнение бетонной смеси способом центрифугирования;

$V_{изд}$ – объем бетонной смеси, который подлежит уплотнению.

Следовательно, из равенства двух вышеуказанных зависимостей можно получить формулу для определения $t_{центриф}$

$$t_{центриф} = \frac{\pi r^2 \cdot L_{ст} (p_{(r)раскл} + p_{(r)упл})}{V_{изд} \cdot \rho^* \cdot g \cdot \omega \cdot R_2}. \quad (7)$$

Удельная мощность, необходимая для уплотнения единицы массы бетонной смеси при изготовлении железобетонных стоек, может быть найдена согласно зависимости

$$N_{упл} = \frac{A_1 + A_2}{t_{центриф}} = \frac{\pi r^2 \cdot L_{ст} (p_{(r)раскл} + p_{(r)упл})}{\pi \left[R_1^2 - (R_1^2 - \delta)^2 \cdot \rho^* \cdot 60 \sqrt{\frac{2\mu^3 \cdot \omega \cdot \ln\left(\frac{\rho^{**}}{\rho_0}\right)}{\tau_0^3}} \cdot L_{ст} \right]}, \text{ Вт/м}^3. \quad (8)$$

Чтобы определить мощность, требуемую для преодоления трения о воздух, сперва находим момент трения формы о воздух (рис. 5)

$$M_{тв} = R_p \cdot P_{тр}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (9)$$

где R_p – радиус вращения центра тяжести ребер;

$P_{тр}$ – сопротивление воздуха, вычисляемое по формуле Ньютона,

$$P_{тр} = c_1 \cdot \rho_1 \cdot v^2 \cdot F_p, \text{ Н}, \quad (10)$$

где c_1 – коэффициент сопротивления или среды (при нормальных условиях принимают $c_1 = 0,07-0,1$);

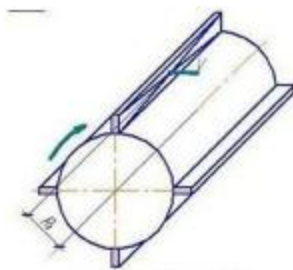


Рис. 5. Расчетная схема к расчету мощности

ρ_1 – плотность воздуха при нормальных условиях $\rho_1 = 1 \text{ кг/м}^3$;

$v = \omega_y \cdot R_1$, м/с – окружная скорость центра тяжести ребер;

F_p – суммарная площадь ребер, м^2 .

Соответствующая мощность

$$N_B = M_y \cdot \omega_y = c_1 \cdot \rho_1 \cdot R_1^3 \cdot \omega_y^3 \cdot F, \text{ Вт.} \quad (11)$$

Мощность для определения трения опорных роликов определяем в такой последовательности.

Соппротивление опорных роликов (рисунок 6)

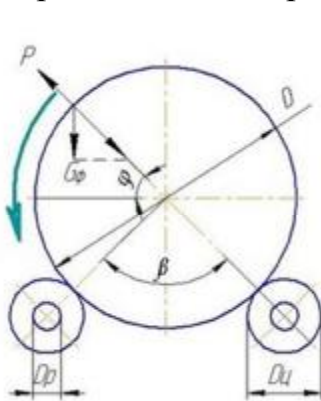


Рисунок 6. Схема для определения трения в опорных роликах

$$W_0 = \frac{G_\phi \left(\frac{2k}{D_p} + \frac{\mu \cdot D_\psi}{D_p} \right)}{\cos \frac{\beta}{2}}, \text{ Н,} \quad (12)$$

где G_ϕ – сила тяжести формы с бетоном и арматурой, Н;

$\beta \approx 120^\circ$ – центральный угол установки роликов;

$k = 0,0008 \text{ м}$ – коэффициент трения качения роликов по бандажу;

d_p – диаметр роликов, м;

D_ψ – диаметр цапф, м.

Момент трения определяется так:

$$M_{\text{тр}} = W_0 \cdot R_6, \text{ Н}\cdot\text{м,} \quad (13)$$

где R_6 – радиус барабана, м.

Следовательно, мощность

$$N_p = M_{\text{тр}} \cdot \omega_y = W_0 \cdot R_6 \cdot \omega_y \cdot n_p, \text{ Вт,} \quad (14)$$

где n_p – количество роликоопор в машине центрифугирования.

Выводы из данного исследования и перспективы дальнейших исследований в этом направлении. Дана схема технологической линии производства стоек железобетонных опор способом центрифугирования в условиях ЧАО «Бетон Нова».

Приведена методика определения общих мощностных затрат на процесс изготовления стоек железобетонных опор на основании анализа отдельных операций технологического процесса.

Литература

1. Сапожников М. Я. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий / М.Я. Сапожников. – М.: Машгиз, 1962. – 522 с.
2. Баладинский В.Л., Емельянова И.А. Комплексная механизация на предприятиях стройиндустрии / В.Л. Баладинский, И.А. Емельянова. – Киев: Будивельник, 1991. – 152 с.

3. Емельянова И.А. Укладка и уплотнение жестких бетонных смесей универсальными роторными метателями /И.А. Емельянова. – Харьков, 1992. – 430 с.

4. Макаров П.А. Основы расчетов при конструировании станков для центробежного формования железобетонных труб / П.А. Макаров // Строительное дорожное машиностроение 1959. – №2. – С. 17 – 20.

Надійшла до редакції 20.11.2014

© И. А. Емельянова, П. Н. Лебедев

УДК 666. 398

И. А. Емельянова д. т. н., професор

П. М. Лебедев, аспірант

Харківський національний університет будівництва та архітектури

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ПОТУЖНІСНИХ ВИТРАТ НА
ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ СТІЙОК ТИПУ СК ПРИ
ВИКОРИСТАННІ СПОСОБУ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ В
УДОСКОНАЛЕНІЙ ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ЛІНІЇ НА ПРАТ «БЕТОН
НОВА»**

Приведено розрахунок витрат потужності обладнання технологічної лінії по виробництву стояків СК способом центрифугування. Приведена залежність для визначення загальних витрат потужності, враховуючи запропоновану заміну бетонораздавального на бетоноукладача. Приведені залежності для визначення загальних витрат потужності. Розглянута можливість визначення питомих витрат потужності на процес ущільнення бетонної суміші при формуванні залізобетонних стояків залежно від роботи обладнання та часу на її виконання.

Ключові слова: *потужність, потужнісні витрати, центрифугування.*

*I. A. Emelianova, Doctor of Technical Sciences, Professor,
P.N. Lebedev, Post-graduate
Kharkov National University Construction and Architecture*

**DETERMINATION OF THE TOTAL POWER COST OF THE
MANUFACTURING PROCESS ENCLOSURES TYPE IC WHEN USING
THE METHOD OF CENTRIFUGATION IN AN ADVANCED
PRODUCTION LINE OF «BETON NOVA»**

The dependence for determining the total cost of power equipment production line of racks IC centrifuge method. The dependence for determining the individual components of the overall cost of power, given the proposed replacement machine for concrete distribution on the concrete placer. The possibility of determining the cost of power in the process of sealing the concrete mix in the molding of reinforced concrete columns, depending on the equipment and time for its implementation.

Keywords: *power, power costs, centrifugation*