

УДК 630\* 3, 630\* 36

## Обоснование параметров выравнивающейся платформы универсальной лесозаготовительной машины

А.Н. Сухих<sup>а</sup>, А.В. Багинов<sup>б</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>сухих2005@mail.ru, <sup>б</sup>baga.bsu@gmail.com

Статья получена 14.06.2014, принята 20.08.2014

*Основным направлением совершенствования лесозаготовительных машин, повышающего их эффективность, может стать создание парка новых лесных машин, обеспечивающих освоение современных технологий лесозаготовок на базе универсальных машин. Производство лесозаготовительных машин развивается по линии создания объединенных систем агрегатов, предназначенных для выполнения части или всего комплекса лесосечных операций. Для этого предложена валочно-трелевочная машина с трехопорной выравнивающейся платформой. Смоделирована работа трехопорной выравнивающейся платформы и определена величина хода штока гидроцилиндров оборудования данной платформы для компенсации уклона рельефа местности и выравнивания поворотной платформы на уклонах. Трехопорная выравнивающаяся платформа позволит оператору универсальной машины находиться в удобном положении при заготовке леса на склонах. Применение предлагаемой разработки позволит улучшить характеристики отечественных лесозаготовительных машин, повысит эффективность лесозаготовок при работе в сложных условиях на склонах.*

**Ключевые слова:** лесозаготовительные машины, совершенствование, трехопорная выравнивающаяся платформа, эффективность, лесозаготовки.

## Justification of parameters for self-leveling platforms of all-purpose timber harvesting machine

A.N. Suhih<sup>а</sup>, A.V. Baginov<sup>б</sup>

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>а</sup>сухих2005@mail.ru, <sup>б</sup>baga.bsu@gmail.com

Received 14.06.2014, accepted 20.08.2014

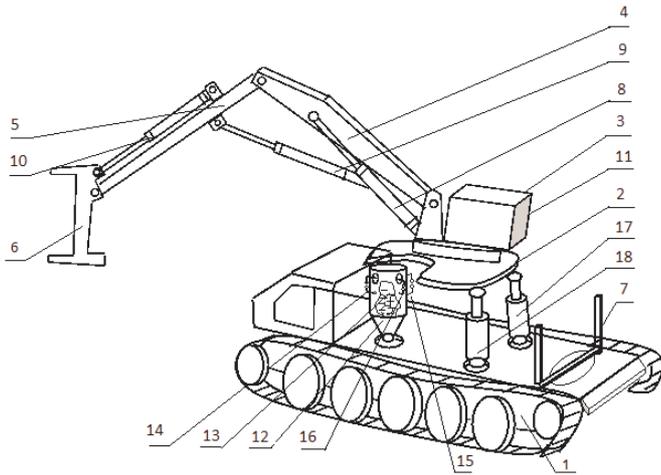
*The main direction of improvement of timber harvesting machines, which increases their efficiency, might be the creation of a new vehicle park of timber harvesting machines ensuring the development of modern harvesting technologies on the basis of all-purpose machines. Timber harvesting machinery is being developed through the creation of joint systems of units designed to perform all or a part of the complex of timber logging operations. To perform it a felling and skidding machine with a three-point self-leveling platform has been proposed. A run mode of the three-point self-leveling platform has been modeled and the scope of the valve rod travel in hydraulic cylinders for the equipment of three-point self-leveling platforms has been defined to compensate the slope of the lie of the ground and to level a rotary platform on slopes. Three-point self-leveling platform will allow the operator of the all-purpose timber harvesting machine to be in a comfortable position when logging on slopes. If the development proposed is used, it will improve characteristics of home forest machines, increase the efficiency of logging when working in difficult conditions on slopes.*

**Keywords:** timber harvesting machine, improvement, three-point self-leveling platform, efficiency, logging.

**Введение.** Основным направлением совершенствования лесозаготовительных машин, повышающего их эффективность, может стать создание парка новых лесных машин, обеспечивающих освоение современных технологий лесозаготовок на базе универсальных машин [1 – 4]. Для этого авторами предложена валочно-трелевочная машина с трехопорной выравнивающейся платформой. На рис. 1 представлена валочно-пакетирующая трелевочная машина с трехопорной выравнивающейся платформой [5].

Машина состоит из универсального шасси 1 и технологического оборудования, установленного на трехопорной выравнивающейся платформе с опорно-

поворотным устройством 2, поворотной платформы 3, стрелы 4, рукояти 5 с захватно-срезающим устройством 6, коникового устройства 7, двух гидроцилиндров 8, установленных на стреле 4, одного гидроцилиндра 9 на рукояти, одного гидроцилиндра 10 на захватно-срезающем устройстве, противовеса 11. Трехопорная выравнивающаяся платформа с опорно-поворотным устройством 2 состоит из жесткой опоры 12 с шаровым пальцем внизу на конце, внутри которой находится поплавковый датчик уклона 13 с тремя контактами: передним 14, правым 15, левым 16, имеющими возможность подавать сигнал к работе двух гидроцилиндров 17 и 18.



**Рис. 1.** Валочно-пакетирующая трелевочная машина с трехопорной выравнивающей платформой

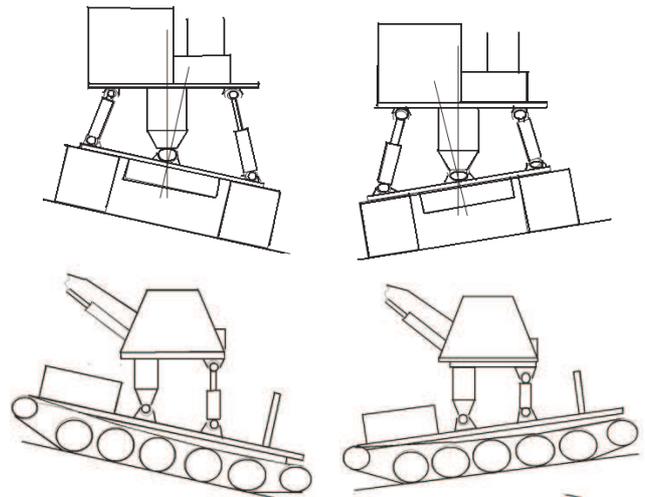
Машина работает следующим образом: заходит на пашку задним ходом, в режиме валки-пакетирования стрела 4 и рукоять 5 находятся позади кабины, рукоять 5 с захватно-срезающим устройством 6 наводится на деревья с использованием поворотной платформы 3, спиливает их и укладывает в кониковое устройство. Таким образом формируется пачка, после чего выполняется фиксация рукояти 5 с захватно-срезающим устройством 6 впереди машины.

Начинается работа машины в режиме трелевки к погрузочному пункту. Гидроцилиндры 8, 9, 10 обеспечивают работу, соответственно, стрелы, рукояти, захватно-срезающего устройства. Трехопорная выравнивающая платформа с опорно-поворотным устройством 2 и жесткой опорой 12 на конце с шаровым пальцем и поплавковым датчиком уклона 13 с тремя контактами, подающими сигнал к работе двух гидроцилиндров 17, 18, обеспечивает свое выравнивание.

При наклоне машины назад и срабатывании контакта 14 выдвигаются одновременно штоки гидроцилиндров 17 и 18, при срабатывании контактов 14 и 15 выдвигается шток гидроцилиндра 18, при срабатывании контакта 15 втягивается шток гидроцилиндра 17. Если срабатывают контакты 15 и 16, то втягиваются одновременно штоки гидроцилиндров 17 и 18, если срабатывает контакт 16 – втягивается шток гидроцилиндра 18, если срабатывают контакты 16 и 14 – выдвигается шток гидроцилиндра 17. Тем самым обеспечивается вертикальная ориентация трехопорной выравнивающей платформы с опорно-поворотным устройством 2. При этом контакты 14, 15, 16 разомкнуты.

В среднем телескопические гидравлические цилиндры, предполагаемые к применению для выравнивания платформы, в сложенном состоянии имеют длину, равную 20-40 % длины в разложенном состоянии. Предлагаемая полезная модель может применяться при выполнении сплошных рубок и выборочных рубок, позволяет выполнять валку, пакетирование, трелевку на склонах, а при использовании сменного навесного оборудования на стреле может выполнять весь комплекс лесосечных и лесохозяйственных работ. На рис. 2 представлен принцип работы трехопорной выравни-

вающей платформы в поперечном и продольном направлениях.



**Рис. 2.** Схемы выравнивания платформы в поперечном и продольном направлениях

Внимание было обращено на совершенствование уже разработанных узлов и агрегатов для специфических требований лесозаготовок, улучшающих технологию и условия эксплуатации машин.

Технический прогресс в лесозаготовительном производстве развивается по линии создания объединенных систем агрегатов, предназначенных для выполнения части или всего комплекса лесосечных операций [6 – 8]. На отечественных валочных машинах система выравнивания не применяется, в отличие от зарубежных. При этом используются углы выравнивания: вперед – 27°, назад – 10°, в сторону – 18°. Это оправдано на валочных или валочно-пакетирующих машинах, поскольку груженная транспортная техника способна преодолевать лишь допустимые поперечные уклоны малой величины.

**Постановка и решение задачи.** Для определения размеров оборудования трехопорной выравнивающей платформы на уклонах 20° выполнены расчеты для определения величины хода штока гидроцилиндров при компенсации уклона рельефа местности и выравнивания поворотной платформы универсальной машины. Пусть основание поворотной платформы лежит в плоскости равностороннего треугольника  $O_1A_1B_1$ , где вершины  $A_1$  и  $B_1$  являются креплениями (в виде шаровых опор) с гидроцилиндрами, опирающимися на плоскость рамы в точках  $A$  и  $B$  соответственно ( $A$  и  $B$  тоже являются креплениями в виде шаровых опор). Вершина  $O_1$  неподвижно соединена с вертикальной опорой, которая, в свою очередь, подвижно соединена с рамой в точке  $O$ . Точки соединения с рамой образуют равнобедренный треугольник  $OAB$  с  $|OA| = |OB|$ . Расположим его в плоскости  $XOY$  так, чтобы вершина  $O$  находилась в начале координат, а медиана, выходящая из этой вершины, лежала на положительной части оси  $OX$  (рис. 3).

В исходном положении рама и поворотная платформа параллельны. Пусть правильный треугольник  $O_1A_1B_1$  имеет стороны, равные по величине  $a$ , а равнобедренный треугольник  $OAB$  – основание, равное по величине  $b$ . В исходном положении гидроцилиндры имеют одинаковую длину  $c$ , а неподвижная опора имеет длину  $h$ . Очевидны ограничения: сторона  $a$  треугольника  $O_1A_1B_1$  положительна, нижнее основание трапеции  $AA_1B_1B$  больше верхнего, то есть  $b > a$ , как и боковые стороны, то есть  $|OA| = |OB| = d > a$ . Если из  $A_1$  опустить перпендикуляр на  $AB$  и плоскость треугольника  $OAB$ , то ясно, что  $c > \frac{b-a}{2}$  (гипотенуза больше катета) и длина неподвижной опоры  $h <$

$$\sqrt{c^2 - \frac{(b-a)^2}{4}}.$$

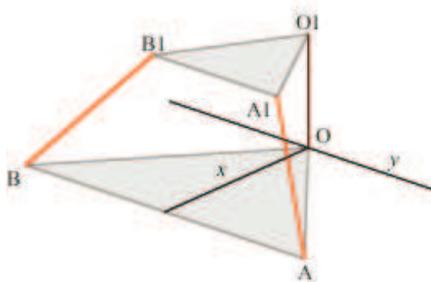


Рис. 3. Схема трехопорной выравнивающей платформы

Требуется определить величину хода штока каждого гидроцилиндра при наклоне рамы в связи с изменениями рельефа местности для компенсации наклонов поворотной платформой.

Приведем вывод формул для расчета величины хода штока гидроцилиндра.

Рассчитаем поворот рамы на угол  $\theta$  против часовой стрелки рис. 4 вокруг вектора, лежащего в плоскости  $XY$ , исходящего из начала координат под углом  $\phi$  к оси  $OX$ , если смотреть с конца вектора.

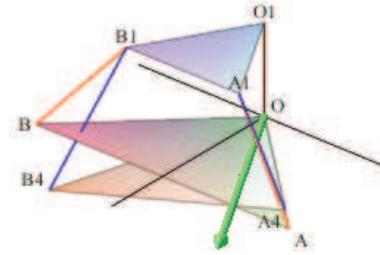


Рис. 4. Схема поворота рамы трехопорной выравнивающей платформы

Для вывода расчетных формул введем обозначения вершин треугольников как функций величин  $a, b, c$  и  $h$ .

$$O = [0, 0, 0]$$

$$A = (a, b, c, h) \rightarrow \left[ \frac{a\sqrt{3}}{2} + \sqrt{c - \frac{(b-a)^2}{4} - h^2}, \frac{b}{2}, 0 \right]$$

$$B = (a, b, c, h) \rightarrow \left[ \frac{a\sqrt{3}}{2} + \sqrt{c - \frac{(b-a)^2}{4} - h^2}, -\frac{b}{2}, 0 \right]$$

$$O_1 = h \rightarrow [0, 0, h]$$

$$A_1 = (a, h) \rightarrow \left[ \frac{a\sqrt{3}}{2}, \frac{a}{2}, h \right]$$

$$B_1 = (a, h) \rightarrow \left[ \frac{a\sqrt{3}}{2}, -\frac{a}{2}, h \right]$$

Определим матрицы поворота  $R_{OZ}$  на угол  $\phi$  и  $R_{OX}$  на угол  $\theta$  вокруг оси  $OZ$  и  $OX$  соответственно.

$$R_{OZ} = \begin{bmatrix} \cos(\phi) & -\sin(\phi) & 0 \\ \sin(\phi) & \cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{OX} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ 0 & \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix}$$

Поворот основания вычисляется с помощью введенных матриц по формуле:

$$R_{OZ} R_{OX} R_{OZ}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\cos(\phi)^2 + \sin(\phi)^2 \cdot \cos(\theta)) \cdot u_1 + (\cos(\phi) \cdot \sin(\phi) - \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\phi)) \cdot u_2 + \sin(\phi) \cdot \sin(\theta) \cdot u_3 \\ (\cos(\phi) \cdot \sin(\phi) - \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\phi)) \cdot u_1 + (\sin(\phi)^2 + \cos(\phi) \cdot \cos(\theta)) \cdot u_2 - \cos(\phi) \cdot \sin(\theta) \cdot u_3 \\ -\sin(\phi) \cdot \sin(\theta) \cdot u_1 + \cos(\phi) \cdot \sin(\theta) \cdot u_2 \end{bmatrix}.$$

После упрощения получаем:

$$\begin{bmatrix} -u_1(-1 + \cos(\theta)) \cdot \cos(\phi)^2 - u_2 \cdot \sin(\phi) \cdot (-1 + \cos(\theta)) \cdot \cos(\phi)^2 + u_1 \cdot \cos(\theta) + \sin(\phi) \cdot \sin(\theta) \cdot u_3 \\ u_2 \cdot (-1 + \cos(\theta)) \cdot \cos(\phi)^2 + (\sin(\phi) \cdot u_1 - \cos(\theta) \cdot \sin(\phi) \cdot u_1 - \sin(\theta) \cdot u_3) \cdot \cos(\phi) + u_2 \\ -\sin(\phi) \cdot \sin(\theta) \cdot u_1 + \cos(\phi) \cdot \sin(\theta) \cdot u_2 + \cos(\theta) \cdot u_3 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Определим функцию *Rot*, которая определяет координаты точки  $(u_1 \ u_2 \ u_3)$  после поворота на угол  $\theta$  вокруг вектора  $(\cos(\phi) \ \sin(\phi) \ 0)$ :

$$Rot = (u_1, u_2, u_3, \phi, \theta) \rightarrow (1).$$

С ее помощью введем функции, определяющие положения опор гидроцилиндров на основании:

$$A_4 = (a, b, c, h, \phi, \theta) \rightarrow Rot(A(a, b, c, h), \phi, \theta),$$

$$B_4 = (a, b, c, h, \phi, \theta) \rightarrow Rot(B(a, b, c, h), \phi, \theta).$$

Для вычисления изменения длины гидроцилиндров определим их как вектор-функции:

$$v_1 = (a, b, c, h, \phi, \theta) \rightarrow A_4(a, b, c, h, \phi, \theta) - A_1(a, h),$$

$$v_2 = (a, b, c, h, \phi, \theta) \rightarrow B_4(a, b, c, h, \phi, \theta) - B_1(a, h).$$

Длины гидроцилиндров есть длины этих векторов:

$$\Delta_1 = (a, b, c, h, \phi, \theta) \rightarrow \|v_1(a, b, c, h, \phi, \theta)\|$$

$$\Delta_2 = (a, b, c, h, \phi, \theta) \rightarrow \|v_2(a, b, c, h, \phi, \theta)\|$$

Выполним расчеты по полученным формулам, используя размеры серийных лесозаготовительных машин: примем  $a = 800$  мм,  $b = 1800$  мм,  $c = 800$  мм,  $h = 600$  мм.

Представление о необходимых размерах гидроцилиндров дают графики изменения их длин для компенсации уклона (рис. 5).

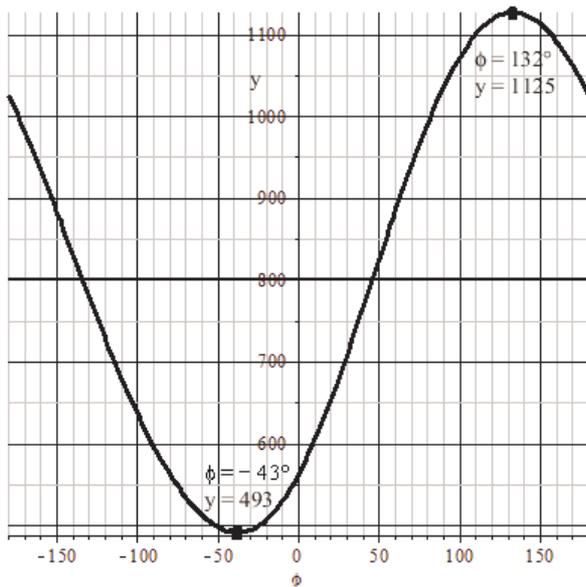


Рис. 5. График изменения длины гидроцилиндра для компенсации уклона при длине жесткой опоры 600 мм

Из полученных расчетов минимальный размер гидроцилиндра 493 мм, а максимальный – 1125 мм, из чего следует, что гидроцилиндры с ходом штока 632 мм обеспечат компенсацию уклона в 20°

Для оценки работоспособности конструкции на рисунках представлены различные варианты положений трехопорной выравнивающейся платформы при ком-

пенсации уклона местности. Поворот рамы вокруг вектора, лежащего в плоскости *XOY* и имеющего разные углы  $\phi$  с осью *OX*, представлен на рис. 6.

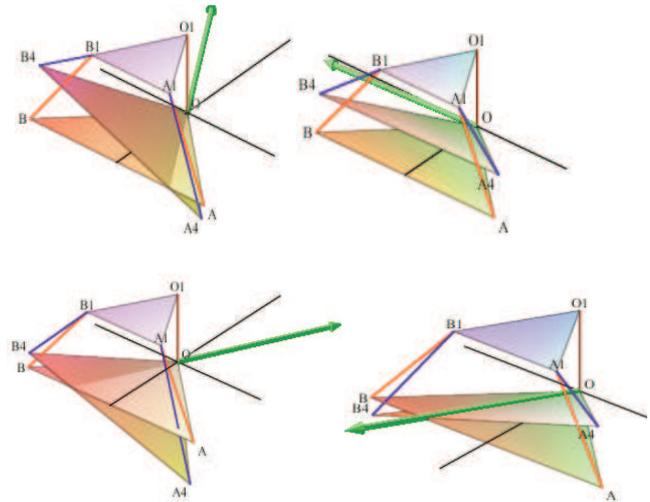


Рис. 6. Поворот трехопорной выравнивающейся платформы вокруг вектора, лежащего в плоскости *XOY* и имеющего разные углы  $\phi$  с осью *OX* для компенсации уклона местности

### Выводы

Смоделирована работа трехопорной выравнивающейся платформы и определены размеры величины хода штока гидроцилиндров оборудования трехопорной выравнивающейся платформы для компенсации уклона рельефа местности и выравнивания поворотной платформы на уклонах до 20°. это позволит оператору универсальной машины находиться в удобном положении при заготовке леса на склонах. применение предлагаемой разработки позволит улучшить характеристики отечественных лесозаготовительных машин и повысит эффективность лесозаготовок при работе в сложных условиях на уклонах до 20°.

### Литература

1. Сухих А.Н. Универсальная лесозаготовительная машина: пат. 87069 Рос. Федерация; № заявки 2008152957/22; заявл. 31.12.08; опубл. 27.09.09, Бюл. № 27.
2. Огар П.М., Долотов А.М., Рунова Е.М., Сухих А.Н., Яковлев В.В., Кашуба В.Б., Захаренко Л.Н. Валочно-пакетирующая трелевочная машина с универсальным технологическим оборудованием: пат. № 2388214 Рос. Федерация. № 2008148408/12; заявл. 08.12.08; опубл. 10.05.10, Бюл. № 13.
3. Сухих А.Н., Иванов В.А., Сыромаха С.М., Степанищева М.В., Иванов А.В., Михайлов Н.С., Данишек М.В. Валочно-пакетирующая трелевочная машина: пат. 85796 Рос. Федерация. № 2009113311/22; заявл. 09.04.09; опубл. 20.08.09, Бюл. № 23. 1 с.
4. Сухих А.Н., Буштрук Т.Н., Григорьева Т.А., Сорокина М.А., Садырова И.А. Валочно-пакетирующая трелевочная машина с кониковым устройством: пат. 97897 Рос. Федерация. № 2010109085/21; заявл. 11.03.10, опубл. 27.09.10, Бюл. № 27. 2 с.
5. Сухих А.Н., Сыромаха С.М. Валочно-пакетирующая трелевочная машина с трехопорной выравнивающейся плат-

формой: пат. 121992, Рос. Федерация. № 2009113311/22; заявл. 10.04.12; опубл. 20.11.12.

6. Иванов В.А., Сухих А.Н., Степанищева М.В. Повышение эффективности работ лесозаготовительных предприятий путем совершенствования технологии сбора и переработки плавающей древесины // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 7. С. 166-170.

7. Сухих А.Н., Иванов В.А., Сыромаха С.М. Обоснование технологических параметров универсальной лесозаготовительной машины в условиях лесозаготовительного производства Иркутской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. № 7. С. 133-140.

8. Сухих А.Н. Разработка универсальных лесозаготовительных машин и методики оптимизации технологического процесса лесозаготовок ЛПК Иркутской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. № 2 (41). С. 97-102.

### References

1. Suhiih A.N. Universal'naja lesozagotovitel'naja mashina: pat. 87069 Ros. Federacija; № 2008152957/22; zajavl. 31.12.08; opubl. 27.09.09. Bjul. № 27.

2. Ogar P.M., Dolotov A.M., Runova E.M., Suhiih A.N., Jakovlev V.V., Kashuba V.B., Zaharenko L.N. Valochno-paketirujushhaja trelevochnaja mashina s universal'nym tehnologicheskim oborudovaniem: pat. № 2388214 Ros. Federacija; № 2008148408/12; zajavl. 08.12.08; opubl. 10.05.10, Bjul. № 13.

3. Suhiih A.N., Ivanov V.A., Syromaha S.M., Stepanishheva M.V., Ivanov A.V., Mihajlov N.S., Danishek M.V. Valochno-paketirujushhaja trelevochnaja mashina: pat. 85796 Ros. Federacija; № 2009113311/22; zajavl. 09.04.09; opubl. 20.08.09, Bjul. № 23. 1 p.

4. Suhiih A.N., Bushtruk T.N., Grigor'eva T.A., Sorokina M.A., Sadyrova I.A. Valochno-paketirujushhaja trelevochnaja mashina s konikovym ustrojstvom: pat. 97897 Ros. Federacija; № 2010109085/21; zajavl. 11.03.10, opubl. 27.09.10. Bjul. № 27. 2 p.

5. Suhiih A.N., Syromaha S.M. Pat. № 121992 Ros. Federacija; Valochno-paketirujushhaja trelevochnaja mashina streh opornoj vyравnivajushhejsja platformoj: pat. 121992 Ros. Federacija № 2009113311/22; zajavl. 10.04.12, opubl. 20.11.12.

6. Ivanov V.A., Suhiih A.N., Stepanishheva M.V. Povyshenie jeffektivnosti rabot lesozagotovitel'nyh predpriyatij putem sovershenstvovaniya tehnologii sbora i pererabotki plavajushhej drevesiny. // Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 7. P. 166-170.

7. Suhiih A.N., Ivanov V.A., Syromaha S.M. Obosnovanie tehnologicheskikh parametrov universal'noj lesozagotovitel'noj mashiny v uslovijah lesozagotovitel'nogo proizvodstva irkutskoj oblasti. // Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 7. P. 133-140.

8. Suhiih A.N. Razrabotka universal'nyh lesozagotovitel'nyh mashin i metodiki optimizacii tehnologicheskogo processa lesozagotovok LPK Irkutskoj oblasti. Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 2 (41). P. 97-102.

УДК 691.41

## Сравнительная характеристика стеновых керамических изделий из природного и техногенного сырья

М.И. Цинделиани

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия  
kuklajoty@rambler.ru

Статья поступила 15.05.2014, принята 29.07.2014

*Одним из способов улучшения технико-экономических показателей и повышения качества стеновой керамики является расширение сырьевой базы путем полной или частичной замены глинистого сырья местными техногенными отходами. В качестве таких сырьевых компонентов для производства стеновых керамических изделий могут выступать микрокремнезем (МК) – отход Братского завода ферросплавов – и высококальциевая зола-унос (З-У), отход от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения, образующийся на Иркутской ТЭС-7. В Иркутской области одним из главных потребителей МК и З-У может стать кирпичная промышленность, потребляющая ежегодно свыше 100 млн. тонн глинистого сырья и нуждающаяся в пополнении сырьевых ресурсов. В работе приведена сравнительная оценка основных характеристик стеновых керамических изделий, производимых из суглинка и с применением микрокремнезема. В статье представлены результаты опытно-промышленного эксперимента и радиологического исследования керамических материалов на основе микрокремнезема. Установлено, что на основе микрокремнезема и добавок возможно изготовление эффективного лицевого кирпича при пониженной температуре обжига (850 °С). Установлено, что морозостойкость кремнеземистых керамических материалов составляет 75 циклов попеременного замораживания и оттаивания, что отвечает требованиям для лицевых изделий.*

**Ключевые слова:** высококальциевая зола-унос, микрокремнезем, закарбонизованный суглинок, жидкое стекло, кислоты жирные талловые омыленные.

Comparative characteristics of wall ceramic products from natural