



ОЦЕНКА И ВЫБОР МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ КУЛЬТИВАЦИИ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЗАТРАТАМ

✉ **Назаров Н.Н., Некрасова И.В.**

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Представлены материалы по оценке и выбору машинно-тракторных агрегатов по критериям минимизации затрат на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоёмкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении технологического процесса культивации почвы. Установлено, что номенклатура технологических машин для проведения технологического процесса культивации при мощности мобильных энергетических средств до 110 л.с. определяется культиваторами типа КПС-4, КБМ-4,2 с использованием тракторов JD5620, AGCO MF3640, ЮМЗ-6, ЛТЗ 95Б, JD6020, МТЗ-80/82, МТЗ-920, Беларус-900, Беларус-921, Беларус-923, Deutz Agrofarm 430 и МТЗ-1025. Они имеют суммарные удельные энергоёмкости использования с обозначенными технологическими машинами на минимальном уровне, производительность – на максимальном. В диапазоне мощностей тракторов от 110 до 145 л.с. целесообразно использовать культиваторы КШУ-5, КШУ-6, КПС-8П с мобильными энергетическими средствами New Holland T6050 Delta, CASE IH Maxxum 125, JD 6130D, JD 6135, МТЗ-1221, Беларус 1220, ЛТЗ-155 и МТЗ-1222, имеющими также максимальную производительность при минимальном уровне суммарных удельных энергоёмкостей на их производство и эксплуатацию. Выявлено, что при применении культиваторов типа КШУ-12, КБМ-7,2П, КБМ-10,8П, Лидер-6Н, АПК-7,2, RTS-1831, КПО-7,2, KORUND 8/900 (мощность энергетического средства до 150–210 л.с.) по обозначенным критериям эффективности целесообразно использовать тракторы Т-150К, МТЗ-1523, ХТЗ-121, ХТА 200-10, Беларусь 1525, ХТЗ 17221, Terrion ATM 3180, Deutz Fahr Agrotion 165.7, JD 7030, ATM 4200 Terrion, МТЗ-2022. Установлено, что для использования культиваторов Лидер-7,2Н, Лидер-8 по обозначенным критериям минимизации затрат энергии и максимальной производительности требуются тракторы мощностью до 210–240 л.с. JD 7830, JD 7930, New Holland 7060, Deutz Fahr Agrotion L720 DCR, Claas Axion 850.

Ключевые слова: технологические процессы, машинно-тракторные агрегаты, формирование, удельная энергоёмкость

EVALUATION AND SELECTION OF MACHINE-TRACTOR UNITS DURING CULTIVATION BY ENERGY COSTS

✉ **Nazarov N.N., Nekrasova I.V.**

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

The materials on evaluation and selection of machine-tractor units by the criteria of minimization of their production and operation costs (total specific energy intensity of MTU for its production and operation) and maximum productivity in carrying out the technological process of soil cultivation are presented. It has been established that the range of technological machines for carrying out the

technological process "cultivation" with the power of mobile power plants up to 110 hp is determined by cultivators such as KPS-4, KBM-4.2 type using tractors JD5620, AGCO MF3640, UMZ-6, LTZ 95B, JD6020, MTZ-80/82, MTZ-920, Belarus 900, Belarus-921, Belarus-923, Deutz Agrofarm 430 and MTZ-1025. They have the total specific energy intensity of use with the designated technological machines at the minimum level, and the productivity at the maximum. In the power range of tractors from 110 to 145 hp it is advisable to use cultivators KSHU-5, KSHU-6, KPS-8P with mobile power tools New Holland T6050 Delta, CASE IH Maxxum 125, JD 6130D, JD 6135, MTZ-1221, Belarus 1220, LTZ-155 and MTZ-1222, which also have the maximum productivity at the minimum level of the total specific energy consumption for their production and operation. It has been found that when using cultivators of the type KSHU-12, KBM-7.2P, KBM-10.8P, Leader-6N, APC-7.2, RTS-1831, KPO-7.2, KORUND 8/900 (power of the energy means up to 150-210 hp), according to the indicated efficiency criteria, it is advisable to use tractors T-150K, MTZ-1523, HTZ-121, HTA 200-10, Belarus 1525, HTZ 17221, Terrion ATM 3180, Deutz Fahr Agrottron 165.7, JD 7030, ATM 4200 Terrion, MTZ-2022. It has been established that for the use of cultivators Leader-7.2N, Leader-8, according to the indicated criteria for minimizing energy consumption and maximum productivity, tractors with a power of up to 210-240 hp like JD 7830, JD 7930, New Holland 7060, Deutz Fahr Agrottron L720 DCR, Claas Axion 850 are required.

Keywords: technological processes, machine-tractor units, formation, specific energy intensity

Для цитирования: Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Оценка и выбор машинно-тракторных агрегатов при культивации по энергетическим затратам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 1. С. 70–80. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-8>

For citation: Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Evaluation and selection of machine-tractor units during cultivation by energy costs. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1, pp. 70–80. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-1-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках финансируемой научно-исследовательской работы № 0533-2021-0012.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the funded research work № 0533-2021-0012.

ВВЕДЕНИЕ

Один из основных вопросов, стоящих перед сельхозтоваропроизводителями при реализации технологических процессов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур – формирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов (МТА). В настоящее время рынок сельскохозяйственной техники предлагает широкий выбор мобильных энергетических средств и технологических машин, снабженных необходимыми устройствами для работы, контроля и управления процессами обработки почвы, посева семян сельскохозяйственных культур, внесения различных форм минеральных удобрений и др. Однако это вызывает значительное удорожание приобретаемой техники и соответствующие финансовые издержки при ее

эксплуатации. Кроме того, выбор рационального состава МТА осложняется большим объемом расчетов при формировании технологических карт на возделывание сельскохозяйственных культур при определении прямых эксплуатационных затрат в связи с возросшей номенклатурой технического обеспечения технологических процессов.

В связи с этим на начальном этапе формирование машинно-тракторных агрегатов целесообразно проводить по критериям минимизации затрат на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоемкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении соответствующих технологических процессов [1–10].

На решение вопросов снижения энергозатрат при производстве сельскохозяйствен-

ной продукции направлены исследования ведущих ученых Сибири при реализации технологических процессов обработки почвы, внесении жидких форм минеральных удобрений, посева зерновых культур в условиях Сибирского региона [11–15].

При рассмотрении вопросов энергосбережения в технологических модулях возделывания сельскохозяйственных культур нужно учитывать тот факт, что технологические процессы одной функциональной направленности должны выполняться в полном объеме и в требуемый временной интервал. Подобного рода двудеиная задача требует логического решения с учетом оценки значимости факторов, влияющих на выбор машинно-тракторных агрегатов.

Цель работы – произвести выбор рационального состава машинно-тракторных агрегатов по энергетическим показателям при реализации технологического процесса культивации.

Задача исследования – оценить эффективность комплектования технологических агрегатов по критерию минимизации суммарных удельных энергозатрат при выполнении технологического процесса культивации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Метод определения антропогенной энергии производства и эксплуатации мобильных энергетических средств и технологических машин описывается известными зависимостями в соответствии с рекомендациями^{1–7} [16]. В данном случае речь идет об оценке эффективности использования машинно-тракторных агрегатов по двум показателям качества: минимальным затратам

на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоемкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении соответствующих технологических процессов. Решение представленной двухкритериальной задачи целесообразно выполнять в следующей последовательности:

- определение антропогенной энергии производства и эксплуатации мобильных энергетических средств и технологических машин;
- определение энергозатрат обслуживающего персонала;
- определение удельной (в расчете на 1 ч работы) энергоемкости тракторов, технологических машин и сцепок при выполнении соответствующего технологического процесса.

Антропогенная энергия производства и эксплуатации мобильных энергетических средств и технологических машин определяется по зависимости

$$E_A^j = E_{пр}^j = (E_{ж}^j + E_{м}^j + E_{с}^j + E_{т}^j) / W_{см}^j, \quad (1)$$

где E_A^j – энергетические затраты при выполнении и выборе частного (j -го) технологического процесса; $E_{пр}^j$ – удельные прямые затраты энергии на выполнение j -го ЧТП, МДж/га; $E_{ж}^j$ – энергетические затраты живого труда при реализации j -го ЧТП, МДж/ч; $E_{м}^j + E_{с}^j + E_{т}^j$ – соответственно энергоемкость технологических машин, сцепок, тракторов в расчете на 1 ч сменного времени, МДж/ч; $W_{см}^j$ – сменная производительность МТА в j -м ЧТП, га/ч.

Энергозатраты обслуживающего персонала

$$E_{ж}^j = \frac{n_{чj}^{\cdot} \times A_{ж}^{\cdot} + n_{чj}^{\ddot{}} \times A_{ж}^{\ddot{}}}{W_{см}^j},$$

¹Милаев П.П. Системный биоэнергетический анализ процессов производства продукции земледелия: метод. рекомендации. Новосибирск, 2005. 80 с.

²Жученко А.А., Афанасьев В.Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве: методол. и метод. рекомендации. Кишинев: Штиинца, 1988. 128 с.

³Жученко А.А., Урсул А.Д. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. Кишинев: Штиинца, 1983. 304 с.

⁴Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых материалов. Минск, 1996. 50 с.

⁵Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. Курск, 1999. 48 с.

⁶Миндрин А.С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М, 1997. 197 с.

⁷Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: Нормативно-справочный материал. М., 1998. Ч. 2. 251 с.

где $n_{чj}^{\cdot}, n_{чj}^{\ddot{}}$ – соответственно число основных работников (трактористы, комбайнеры, шоферы) и вспомогательных (сеяльщики, прицепщики, грузчики), чел.; $A_{ж}^{\cdot}, A_{ж}^{\ddot{}}$ – соответственно энергетические эквиваленты затрат труда основных и вспомогательных работников, МДж/чел.-ч.

Приняты следующие энергетические эквиваленты на трудовые ресурсы, МДж/чел.-ч: трактористы, комбайнеры, шоферы – 60,8; вспомогательные работники – 33,3 (см. сноску 4).

Удельную энергоёмкость тракторов, технологических машин и сцепок определяем по формулам (3) – (4):

$$E_{\tau} = \frac{M_{\tau} \cdot A_{\tau}}{100} \left[\frac{a_{\tau}}{T_{\text{нт}}} + \frac{a_{\text{кт}} + a_{\text{тт}}}{T_{\text{зт}}} \right]; \quad (3)$$

$$E_{\text{м}} = \frac{M_{\text{м}} \cdot A_{\text{м}}}{100} \left[\frac{a_{\text{м}}}{T_{\text{нм}}} + \frac{a_{\text{мт}}}{T_{\text{зм}}} \right], \quad (4)$$

где $E_{\tau}, E_{\text{м}}$ – удельная энергоёмкость соответственно тракторов и технологических машин в расчете на 1 ч работы, МДж/ч; $a_{\tau}, a_{\text{м}}$ – норматив отчисления на реновацию соответственно тракторов и технологических машин, %; $a_{\text{кт}}$ – норматив отчислений на капитальный ремонт тракторов, %; $a_{\text{тт}}, a_{\text{тм}}$ – нормативы отчислений соответственно на текущий ремонт, техническое обслуживание и хранение тракторов и технологических машин, %; $T_{\text{нт}}, T_{\text{нм}}$ – нормативная годовая загрузка соответственно тракторов и технологических машин, ч; $T_{\text{зт}}, T_{\text{зм}}$ – зональная годовая загрузка соответственно тракторов и технологических машин, ч.

Энергетический эквивалент 1 кг физической массы тракторов и автомобилей принят на уровне 142,2 МДж, сельскохозяйственных машин – 116,1, нормативы годовой загрузки, отчислений на реновацию, капитальный и текущий ремонты, техническое обслуживание и хранение сельскохозяйственной техники взяты из рекомендаций (см. сноски 4, 6).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Номенклатура технологических машин для проведения технологического процесса культивации представлена достаточно емкой. В каждом тяговом классе мобильных энергетических средств определен основной тип использования этих машин с представлением суммарной удельной энергоёмкости как технологических машин, так и мобильных энергетических средств соответствующего класса и производительностью агрегата как неотъемлемой части оценки эффективности его использования.

При использовании мобильных энергетических средств до 110 л.с. используются следующие основные технологические машины: культиваторы КПС-4, КБМ-2,1 и КБМ-4,2 (см. рис. 1).

Анализ материала показывает, что при практически равной производительности (4,0–4,3 га/ч) культиваторы КПС-4 и КБМ-4,2 имеют, как минимум, двукратное преимущество в отношении культиватора КБМ-2,1. Кроме того, суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин и мобильных энергетических средств находится в аналогичном соотношении. В связи с этим к реализации предлагаются два вида технологических машин в составе следующих мобильных энергетических средств: JD5620, AGCO MF3640, ЮМЗ-6, ЛТЗ 95Б, JD6020, МТЗ-80/82, МТЗ-920, Беларусь-900, Беларусь-921, Беларусь-923, Deutz Agrofarm 430 и МТЗ-1025, имеющих суммарную удельную энергоёмкость использования с обозначенными технологическими машинами на минимальном уровне, производительность – на максимальном.

При применении мобильных энергетических средств мощностью 110–145 л.с. целесообразно использование следующих технологических машин, составляющих основу в представленном классе тракторов: культиваторы Степняк-4,2, КШУ-5, КШУ-6 и КПС-8П.

Отметим, что культиватор Степняк-4,2 в сочетании с мобильными энергетическими средствами обладает высокой (практически

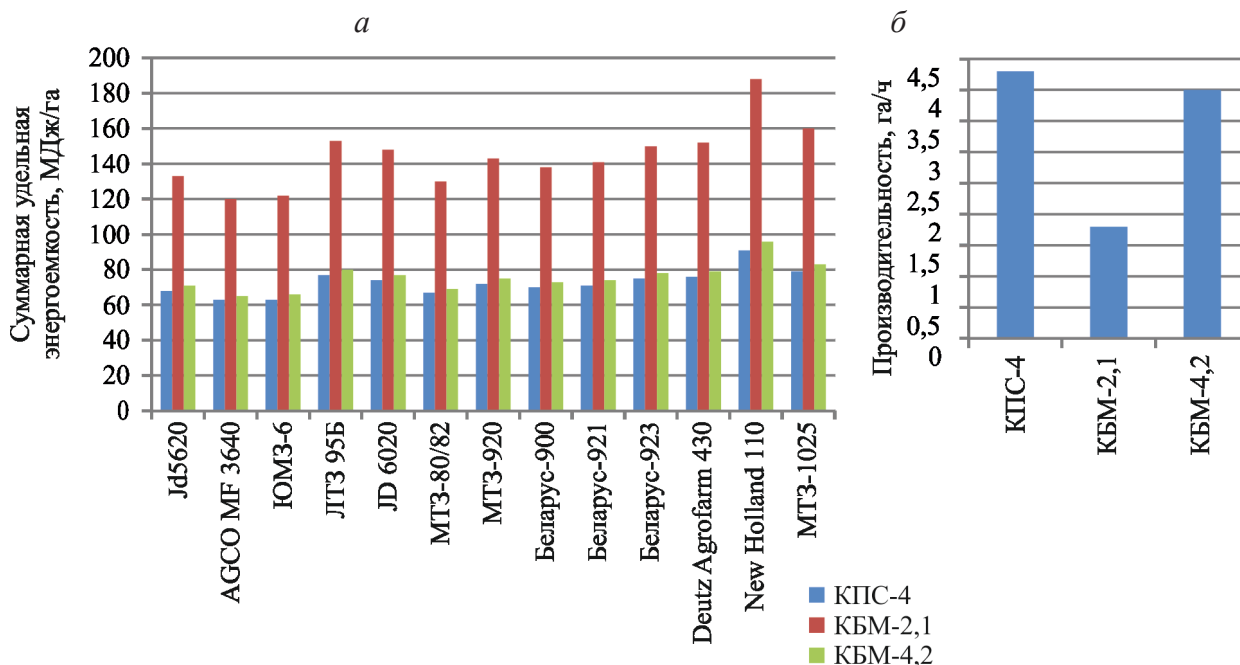


Рис. 1. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин (а) и производительность при культивации (б) (мощность трактора до 110 л.с.)

Fig. 1. Total specific energy intensity of using technological machines (а) and productivity during cultivation (б) (tractor power up to 110 hp)

в 2 раза) суммарной удельной энергоёмкостью по сравнению с культиваторами, представленными в данном классе (см. рис. 2). Кроме того, его производительность ниже производительности обозначенных культиваторов в 1,8–2,0 раза. В связи с этим для практической реализации принимаем культиваторы КШУ-5, КШУ-6 и КПС-8П в агрегате с мобильными энергетическими средствами New Holland T6050 Delta, CASE IH Maxxum 125, JD 6130D, JD 6135, MT3-1221, Беларус-1220, ЛТЗ-155 и MT3-1222. Трактор РТМ-160 нецелесообразно использовать с данным классом технологических машин из-за высокой суммарной удельной энергоёмкости.

Для мобильных энергетических средств мощностью 150–210 л.с. представлена обширная номенклатура технологических машин (культиваторов): КБМ-6, КБМ-7,2П, КБМ-10,8П, Лидер-4, Лидер-6Н, АПК-7,2, RTS-1831, Степняк-5,6, КПО-7,2, КШУ-12, KORUND 8/900, КПЭ-3,8. Этот список можно продолжать (см. рис. 3).

Первоначальная оценка целесообразности использования технологических машин по минимальной суммарной удельной энергоёмкости позволила установить, что наименьшим ее значением располагает культиватор КШУ-12 (61–69 МДж/га). Далее по этому показателю следуют культиваторы КБМ-6 и КБМ-7,2П (86–106 и 88–104 МДж/га соответственно).

Мы не отрицаем возможности эксплуатации других технологических машин в технологическом процессе культивации (это в большей степени связано с устойчивостью экономического развития сельхозтоваропроизводителя), но рекомендуем научно обоснованный рациональный подход к выбору мобильных энергетических средств и соответствующих технологических машин по критерию наименьших суммарных удельных энергоёмкостей их использования.

Для окончательной оценки и выбора перспективного варианта агрегата с обозначенным критерием целесообразна дополнительная оценка их использования по произ-

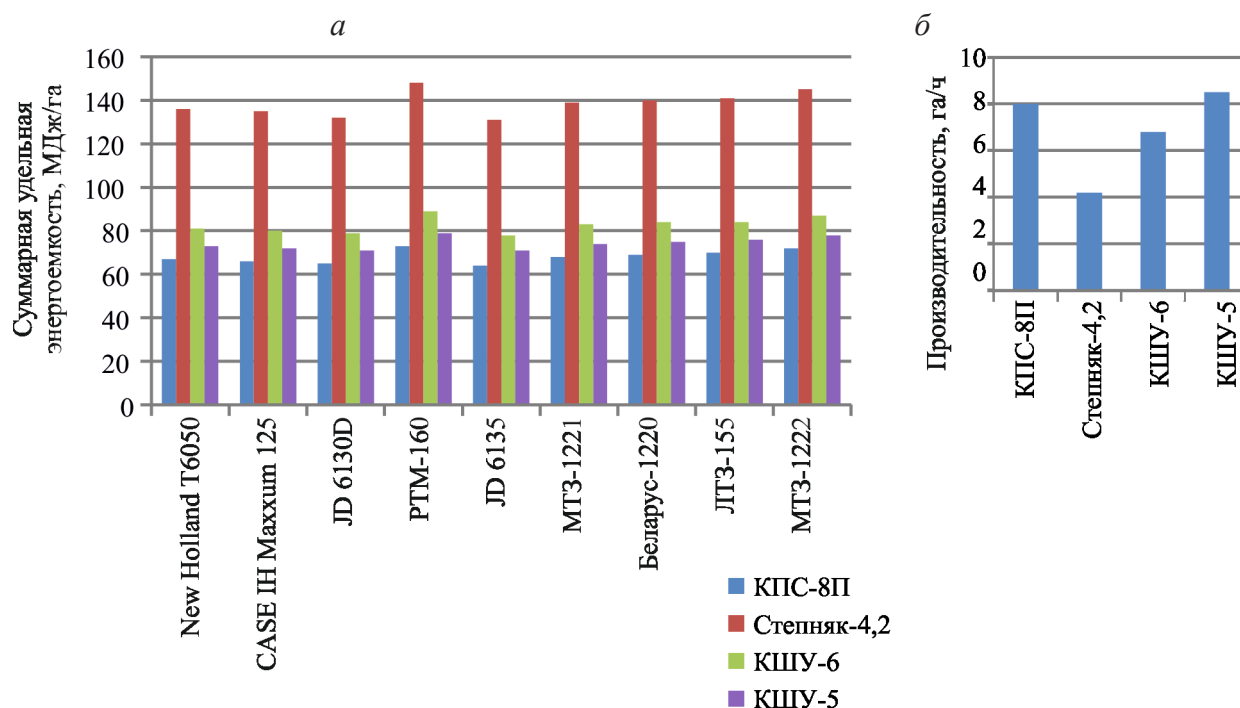


Рис. 2. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин (а) и производительность при культивации (б) (мощность трактора 110–145 л.с.)

Fig. 2. Total specific energy intensity of using technological machines (a) and productivity during cultivation (б) (tractor power 110-145 hp)

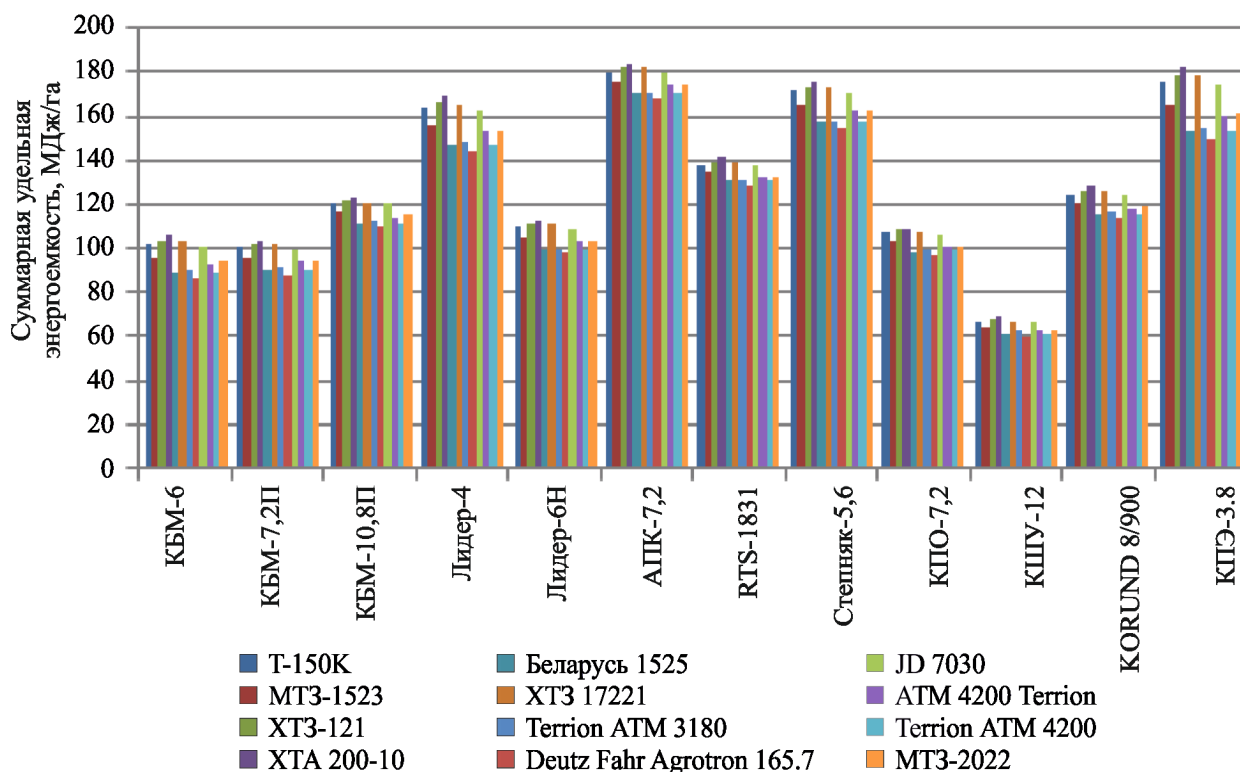


Рис. 3. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин при культивации (мощность трактора 150–210 л.с.)

Fig. 3. Total specific energy intensity of using technological machines during cultivation (tractor power 150-210 hp)

водительности составленных агрегатов (га/ч) (см. рис. 4).

Для практической реализации по обозначенным критериям минимизации затрат энергии и максимальной производительности созданного на этой базе агрегата целесообразно использование культиватора КШУ-12 в сочетании с мобильными энергетическими средствами Т-150К, МТЗ-1523, ХТЗ-121, ХТА 200-10, Беларусь 1525, ХТЗ 17221, Terrion ATM 3180, Deutz Fahr Agrottron 165.7, JD 7030, ATM 4200 Terrion, МТЗ-2022.

Отдельную позицию составляют ряд культиваторов с приемлемыми в этой области показателями: КБМ-7,2П, КБМ-10,8П, Лидер-6Н, АПК-7,2, RTS-1831, КПО-7,2, KORUND 8/900 (88–104, 110–123, 98–113, 171–184, 129–141, 171–182, 114–128 МДж/га) при эксплуатации тех же мобильных энергетических средств.

Увеличение мощности мобильных энергетических средств до 210–240 л.с. обеспечивает эксплуатацию широкозахватных культиваторов типа Лидер-7,2Н, Лидер-8 и Простор-5,4. Однозначным лидером по минимуму суммарной удельной энергоёмкости использования технологических машин является культиватор Лидер-7,2Н (111–119 МДж/га) (см. рис. 5).

По указанному критерию оценки достаточно близки значения при использовании культиваторов Лидер-8 и Простор-5,4 (147–156 МДж/га), которые превышают суммарную удельную энергоёмкость при использовании культиватора Лидер-7,2Н.

Оценивая эффективность использования данных технологических машин по второму критерию – производительности – отметим, что производительность культиваторов Лидер-7,2Н, Лидер-8 в 1,7 и 1,8 раза выше, чем у культиватора Простор-5,4.

Принимая во внимание изложенный выше материал, рекомендуем для практической реализации в данном классе мобильных энергетических средств JD 7830, JD 7930, New Holland 7060, Deutz Fahr Agrottron L720 DCR, Claas Axion 850, эксплуатацию культиваторов Лидер-7,2Н и Лидер-8.

Дальнейшее повышение мощности мобильных энергетических средств (до 240–280 л.с.) дает возможность эксплуатации широкозахватных культиваторов типа КБМ-14,4П, КД-720МЛ, Степняк-7,4, Степняк-10 и КПШ-9.

По минимальным энергетическим затратам при эксплуатации представленных технологических машин наиболее представительным является культиватор КПШ-9 (96–108 МДж/га) (см. рис. 6).

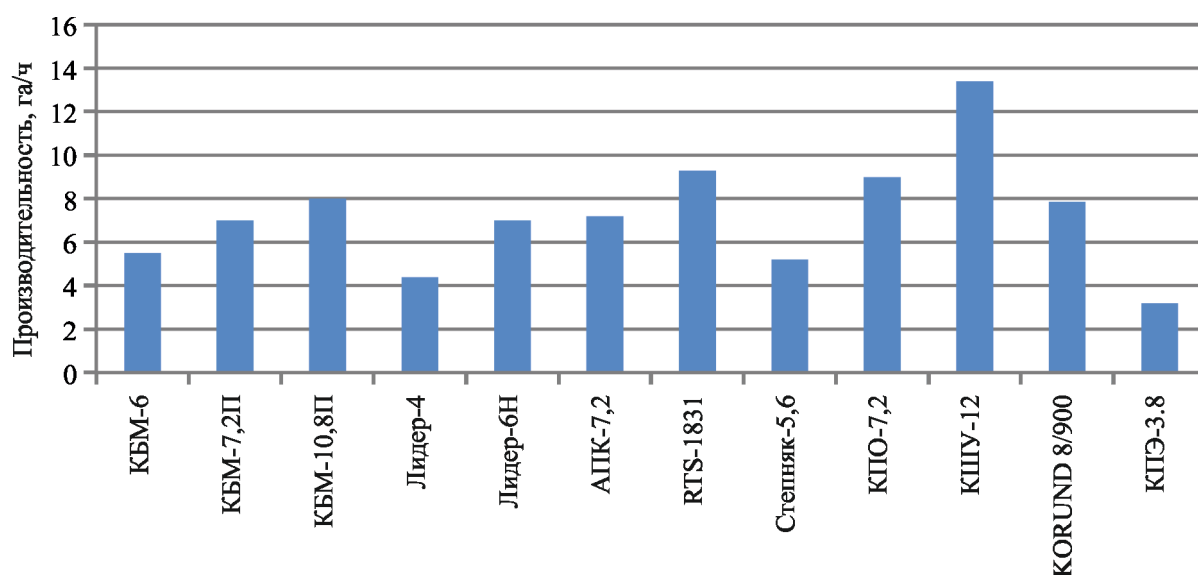


Рис. 4. Производительность технологической машины при культивации (мощность трактора – 150–210 л.с.)

Fig. 4. Process machine productivity during cultivation (tractor power - 150-210 hp)

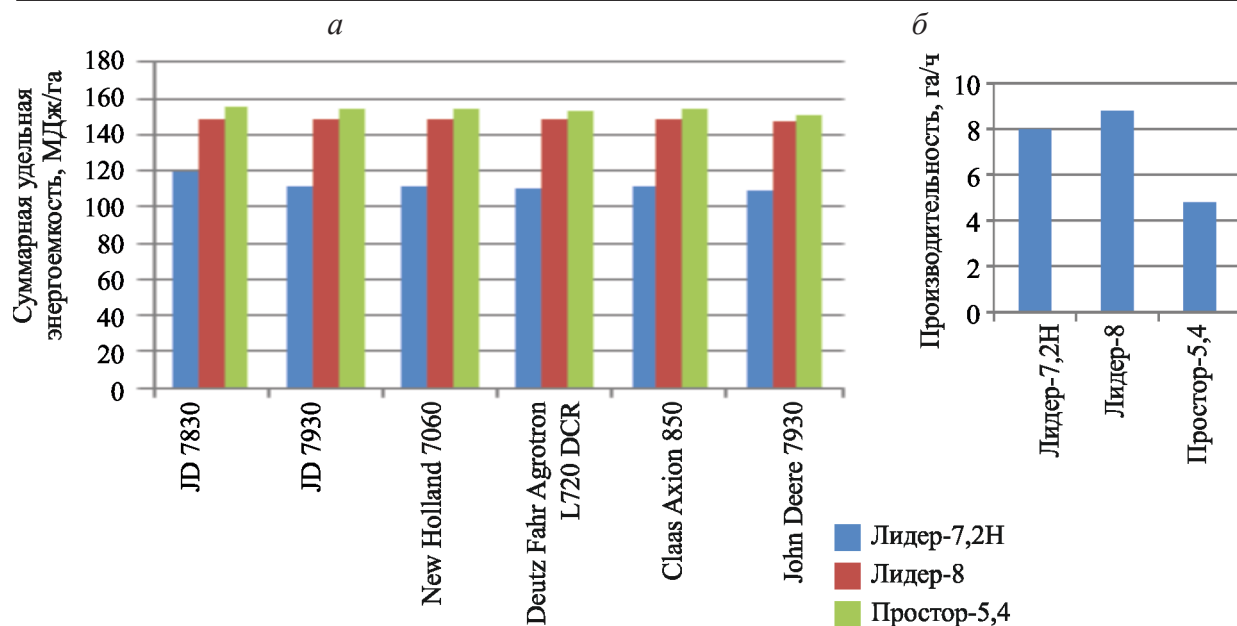


Рис. 5. Суммарная удельная энергоёмкость использования энергетических средств при культивации (а) при производительности технологического средства (б) (мощность трактора 210–240 л.с.)

Fig. 5. Total specific energy intensity of using technological machines during cultivation (a) at their productivity (б) (tractor power 210–240 hp)

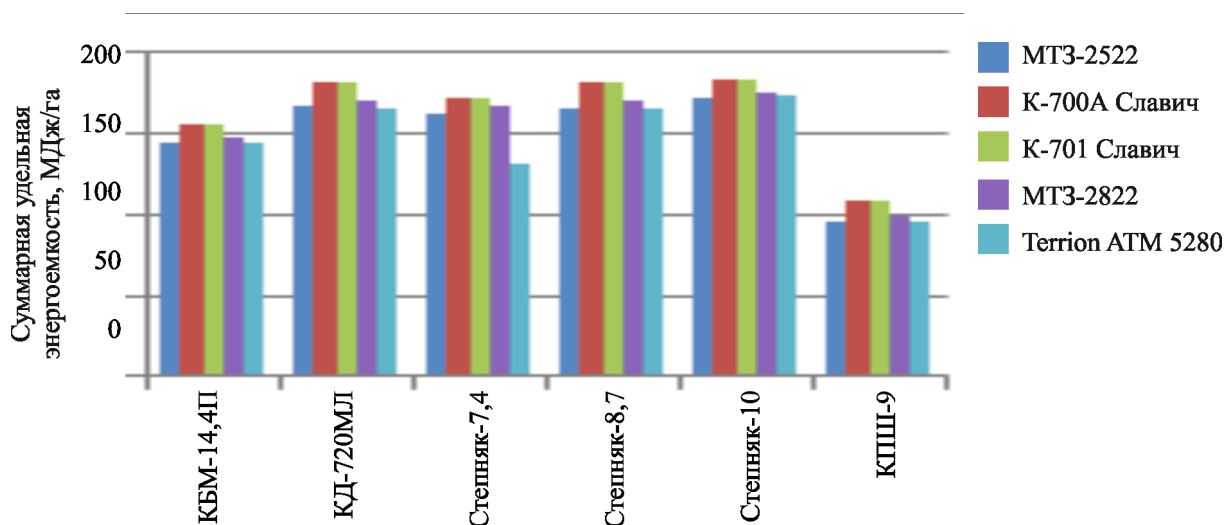


Рис. 6. Суммарная удельная энергоёмкость использования технологических машин при культивации (мощность трактора 240–280 л.с.)

Fig. 6. Total specific energy intensity of using technological machines during cultivation (tractor power 240–280 hp)

Все представленные выше культиваторы обладают энергоёмкостью своего использования, превышающие значения 145 МДж/га и более. Важно отметить, что по производительности КПШ-9 практически не уступает культиваторам КБМ-14,4П и Степняк-10 (см. рис. 7).

Оценивая изложенный материал по критериям суммарной удельной энергоёмкости использования технологических машин и производительности при их эксплуатации, целесообразно применение культиватора КПШ-9 в агрегате с мобильными энергетическими средствами MTЗ-2522, К-700А Славич, К-701 Славич, MTЗ-2822 и Terrion ATM 5280.

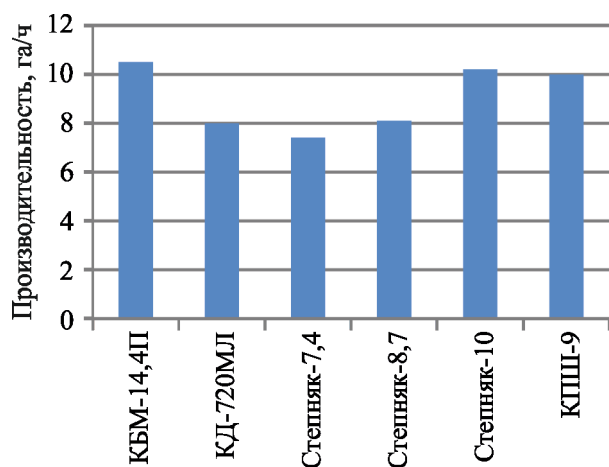


Рис. 7. Производительность технологической машины при культивации (мощность трактора 240–280 л.с.)

Fig. 7. Productivity technological machines during cultivation (tractor power – 240–280 hp)

ВЫВОДЫ

1. На начальном этапе формирования машинно-тракторных агрегатов оценку эффективности их комплектования целесообразно производить по критериям минимизации затрат на их производство и эксплуатацию (суммарная удельная энергоёмкость МТА на его производство и эксплуатацию) и максимальной производительности при выполнении соответствующего технологического процесса.

2. Использование предлагаемого методического подхода по оценке и выбору рационального состава машинно-тракторного агрегата обеспечивает снижение материальных затрат на приобретение технического обеспечения технологических процессов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на 20–25%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денцов М.Н., Горбунов Б.И. Энергетическая оценка технологических процессов возделывания и уборки сахарной свеклы // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (9). С. 33–38.
2. Сторожев И.И., Старцев А.В. Энергетическая оценка эффективности использования машинно-тракторных агрегатов с двигате-

лями, работающими на многокомпонентном топливе // Экономика и предпринимательство. 2017. № 10-1. С. 781–784.

3. Лаптева Е.А., Фарахов Т.М., Афанасьев Е.П. Оценка энергетической эффективности процессов в технологических устройствах с хаотичными насадочными элементами // Технические науки – от теории к практике. 2017. № 3. С. 148–158.
4. Кислов А.А., Кислов А.Ф. Энергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 2. С. 1–5.
5. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Громаков А.В., Максименко В.А. Энергетическая оценка технологического процесса послонной обработки почвы // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 4. С. 11–19.
6. Горбунов Б.И., Пасин А.В., Филимонов И.В., Тюльнев А.В., Волков И.М., Авдеева Е.А. Энергоинформационные основы прогнозирования процессов в агросистемах // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (9). С. 38–46.
7. Капов С.Н., Орлянский А.В., Кожухов А.А., Бобрышев А.В., Лиханос В.А., Мирошникова В.В. Энергетическая оценка обработки почвы // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 3 (43). С. 8–16.
8. Кулизаде Д. Экологичность технологических процессов механообработки на основе их энергоэффективности // Русский инженер. 2021. № 2 (71). С. 36–38.
9. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Громаков А.В., Максименко В.А., Камбулов С.И. Экспериментальная установка для исследования почвообрабатывающих рабочих органов // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 6. С. 37–42.
10. Яковлев Д.А., Беляев В.И., Прокопчук Р.Е. Сравнительная энергооценка рабочих органов посевных машин для прямого посева в условиях различного увлажнения почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 144–150.
11. Бачурин Р.Н., Беляев В.И., Пирожков Д.Н. Энергооценка машинно-тракторного агрегата при внесении жидких минеральных удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 11 (181). С. 144–149.

12. Садов В.В. Сравнительная оценка комбикормовых агрегатов на этапе концептуального проектирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 10 (156). С. 144–150.
13. Завора В.А., Васильев С.Н., Маликова Н.С., Баузер И.И. Основы теоретического обоснования продолжительности выполнения механизированных работ в растениеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 138–141.
14. Курбанов Р.Ф., Савиных П.А., Нечаев В.Н., Нечаева М.Л. Оценка значимости факторов, влияющих на выбор ресурсосберегающих технологий в растениеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 145–151.
15. Пирожков Д.Н., Беляев В.И., Завора В.А. Основы теоретического обоснования технического оснащения растениеводства аграрного предприятия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (137). С. 166–169.
16. Назаров Н.Н., Яковлев Н.С., Некрасова И.В., Чекусов М.С. Выбор технологического и технического обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур по энергетическим затратам // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 7 (201). С. 97–105.
4. Kislov A.A., Kislov A.F. Energy assessment processes in plant growing. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2016, no. 2, pp. 1–5. (In Russian).
5. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Gromakov A.V., Maksimenko V.A. Energy evaluation of technological process of layer-by-layer tillage. *Agrotekhnika i energoobespechenie = Agrotechnics and energy supply*, 2014, no. 4, pp. 11–19. (In Russian).
6. Gorbunov B.I., Pasin A.V., Filimonov I.V., Tyul'nev A.V., Volkov I.M., Avdeeva E.A. Energy-informational bases of forecasting processes in agricultural systems. *Vestnik Nizhegorodskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Nizhny Novgorod state agricultural academy*, 2019, no. 2 (9), pp. 38–46. (In Russian).
7. Kapov S.N., Orlyanskii A.V., Kozhukhov A.A., Bobryshev A.V., Likhanos V.A., Miroshnikova V.V. Energy assessment of tillage. *Vestnik agrarnoi nauki Dona = Don agrarian science bulletin*, 2018, no. 3 (43), pp. 8–16. (In Russian).
8. Kulizade D. Environmental friendliness of machining processes based on their energy efficiency. *Russkii inzhener = Russian engineer*, 2021, no. 2 (71), pp. 36–38.
9. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G., Gromakov A.V., Maksimenko V.A., Kambulov S.I. Experimental installation for the study of tillage working bodies. *Traktory i sel'khozmashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2017, no. 6, pp. 37–42. (In Russian).
10. Yakovlev D.A., Belyaev V.I., Prokopchuk R.E. Comparative energy evaluation of the working tools of sowing machines for direct seeding under conditions of different soil moisture content. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 6 (188), pp. 144–150. (In Russian).
11. Bachurin R.N., Belyaev V.I., Pirozhkov D.N. Energy estimation of machine-tractor unit at the application of liquid mineral fertilizers. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 11 (181), pp. 144–149. (In Russian).
12. Sadov V.V. Comparative evaluation of compound feed units at the stage of conceptual de-

REFERENCES

1. Dentsov M.N., Gorbunov B.I. Energy assessment of technological processes of sugar beet cultivation and harvesting. *Vestnik Nizhegorodskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Nizhny Novgorod state agricultural academy*, 2016, no. 1 (9), pp. 33–38. (In Russian).
2. Storozhev I.I., Startsev A.V. Energy assessment of the efficiency of using machine-tractor units with engines running on multicomponent fuel. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and entrepreneurship*, 2017, no. 10-1, pp. 781–784. (In Russian).
3. Lapteva E.A., Farakhov T.M., Afanas'ev E.P. Estimation of energy efficiency of processes in technological devices with chaotic fitting elements. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike = Technical Sciences – from Theory to Practice*, 2017, no. 3, pp. 148–158. (In Russian).

- signing. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2017, no. 10 (156), pp. 144–150. (In Russian).
13. Zavora V.A., Vasilev S.N., Malikova N.S., Baueer I.I. The foundations of theoretical substantiation of the duration of mechanized operations performance in crop production. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 2 (136), pp. 138–141. (In Russian).
14. Kurbanov R.F., Savinykh P.A., Nechaev V.N., Nechaeva M.L. The study of the factors affecting the choice of resource-saving technologies in crop production. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 2 (136), pp. 145–151. (In Russian).
15. Pirozhkov D.N., Belyaev V.I., Zavora V.A. The fundamentals of theoretical substantiation of technical equipment of crop production of an agricultural enterprise. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 3 (137), pp. 166–169. (In Russian).
16. Nazarov N.N., Yakovlev N.S., Nekrasova I.V., Chekusov M.S. The choice of technological and technical support for the cultivation of agricultural crops by energy costs. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2021, no. 7 (201), pp. 97–105. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Назаров Н.Н.**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501 Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Некрасова И.В., старший научный сотрудник; e-mail: irnek@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay N. Nazarov**, Doctor of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru

Irina V. Nekrasova, Senior Researcher; e-mail: irnek@ngs.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 17.11.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.02.2022
Дата публикации / Published 25.03.2022