УДК 631.331.85
В. В. КОСОЛАПОВ, Е. В. КОСОЛАПОВА

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГОЗНАЧЕНИЯ ЗАГРУЗКИ МТА

Ключевые слова: *вероятность, граф состояния, математический аппарат цепей Маркова, машинотракторный агрегат (МТА), методика.*

Аннотация. *В данной статье описывается методика определения баланса времени смены через за счет определения коэффициента использования времени смены τ с учетом вероятностного характера работы посевного агрегата. Модель технологического процесса (граф состояний) и математическое описание выполнено с использованием математического аппарата цепей Маркова.*

Проблема оптимизации МТА является актуальной в силу ряда причин, и основная из них – это случайность процессов, протекающих во время работы системы в процессе выполнения технологических и технических операции. При использовании методик, позволяющих с максимально приближенной точностью определять вероятность отказов работы элементов комплекса, появляется возможность наиболее экономически обоснованного эксплуатационного резервирования.

Важнейшим эксплуатационным показателем агрегатов является производительность. Кроме сочетания $B_{\text{р.опт}}$ и $\boldsymbol{v}_{\text{р.опт}}$, которые являются важными составляющими для обоснования производительности агрегата (1), определяющим является коэффициент использования времени смены τ.

$$W_{\text{ч}} = B_{\text{р}} \cdot \upsilon_{\text{р}} \cdot \tau \,, \tag{1}$$

где $W_{\text{ч}}$ – производительность агрегата, м^2/с; τ – коэффициент использования времени смены, который определяется согласно ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24059-80 из баланса времени смены [3, с. 6; 4, с. 7]

$$T_{\text{см}} = T_{\text{р}} + T_{\text{п}} + T_{\text{т}} + T_{\text{то}} + T_{\text{тн}} + T_{\text{х}} + T_{\text{етм}} + T_{\text{пм}} + T_{\text{пр}} \cdot n_{\text{пр}} + T_{\text{ер}}\, n_{\text{ер}} + \\ + (T_{\text{пп}} \cdot n_{\text{пп}} + T_{\text{еп}}) \cdot n_{\text{еп}} + T_{\text{ол}} + T_{\text{н}} + T_{\text{м}} \,, \tag{2}$$

где $T_{\text{р}}$ – время основной работы, ч; $T_{\text{п}}$ – время, затрачиваемое на повороты, ч; $T_{\text{т}}$ – время на технологическое обслуживание, ч; $T_{\text{то}}$ – время устранения технических отказов, ч; $T_{тн}$ – время устранения технологических неисправностей, ч; $T_{пр}$, $n_{пр}$ – время подготовки к переезду агрегата из бригады до поля и обратно, число таких переездов, ч; $T_{х}$ – время холостого хода агрегата при обработке загона, ч; $T_{етм}$ – время ежесменного технического обслуживания трактора и сельскохозяйственной машины, ч; $T_{пн}$ – время получения наряда, ч; $T_{ер}$, $n_{ер}$ – средняя продолжительность переезда до поля и обратно, число переездов, ч; $T_{еп}$, $n_{еп}$ – время переезда на другое поле, число переездов, ч;$T_{пп}$, $n_{пп}$ – время подготовки агрегата к переезду на другое поле (подготовка к работе после переезда), число таких переездов, ч; $T_{ол}$, $T_{н}$ – время на отдых и личные надобности, иные потери времени, ч; $T_{м}$ – время простоя по метеорологическим причинам, ч.

Интенсивности переходов агрегата из состояния в состояние определяются из выражения $\lambda_{ij}=1/T_{ij}$. Рассмотрим методику определения T_{ij} [9, с. 62].

Из перечисленных выше составляющих времени смены часть относится к элементам, не зависящим от параметров агрегатов, такие как $T_{пн}$, $T_{ол}$, $T_{н}$, они принимаются постоянными, и влияющим на технологический процесс, такие как $T_{п}$, $T_{т}$, $T_{то}$, $T_{тн}$ и другие. Так время поворотов $T_{п}$ будет зависеть от количества поворотов $n_{п}$ и их продолжительности $t_{п}$.

$$T_{п} = n_{п} \cdot t_{п} . \tag{3}$$

При этом количество поворотов $n_{п}$ будет напрямую зависеть от сменной производительности и длины гона L

$$n_{п} = \frac{W_{см}}{L \cdot B_{р}} . \tag{4}$$

При совершении поворота затрачиваемое время будет зависеть от способа движения, вида поворота и ширины захвата агрегата.

Продолжительность одного поворота будет равна

$$t_{п} = \frac{L_{п}}{\upsilon_{п}} = \frac{l_{п}+2e}{\upsilon_{п}} , \tag{5}$$

где $L_{п}$ – общая длина поворота, м;$\boldsymbol{v}_{п}$– скорость агрегата при повороте; $l_{п}$– длина поворота;e– длина выезда агрегата, которая определяется для беспетлевого поворота

$$e = a_{е} \cdot B_{р} , \tag{6}$$

где $a_{е}$– поправочный коэффициент выезда агрегата.

Подставляя выражение (6) в (5), получим:

$$t_{\text{п}} = \frac{l_{\text{п}} + 2a_{\text{е}} \cdot B_{\text{р}}}{\upsilon_{\text{п}}}. \tag{7}$$

Продифференцировав выражение (3) с учетом выражений (4), (7), время холостых поворотов будет:

$$T_{\text{п}} = \frac{B \cdot T_{\text{р}} \cdot (l_{\text{п}} + 2a_{\text{е}} \cdot B_{\text{р}})}{L \cdot B_{\text{р}} \cdot \upsilon_{\text{п}}}. \tag{8}$$

Время, затрачиваемое на технологическое обслуживание, определим исходя из выражения:

$$T_{\text{т}} = n_{\text{т}} \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{з}} + t_{\text{о}}), \tag{9}$$

где $n_{\text{т}}$ – количество обслуживаний за смену; $t_{\text{п}}$, $t_{\text{з}}$, $t_{\text{е}}$ – время, затрачиваемое для подъезда агрегата, загрузки и отъезда после загрузки соответственно, с.

Величину $n_{\text{т}}$ определим из соотношения

$$n_{\text{т}} = \frac{n_{\text{тн}i} \cdot B_{\text{р}} \cdot \upsilon_{\text{р}} \cdot T_{\text{р}} \, \rho_{\text{о}i} \, \gamma_i}{V_{\text{тн}i} \cdot \rho_{\text{н}i}}, \tag{10}$$

где $V_{\text{тнi}}$ – объем i-го семенного бункера, м^3; $n_{\text{тн}i}$ – количество семенных бункеров, шт; γ_i – плотность технологического материала, кг/м^3; $\rho_{\text{нi}}$, $\rho_{\text{оi}}$ – соответственно коэффициенты наполнения и опорожнения.

Время на подъезд и отъезд рассчитывается с учетом расстояний $L_{\text{п}}$ и $L_{\text{о}}$ и скоростей $\boldsymbol{v}_{\text{п}}$ и $\boldsymbol{v}_{\text{о}}$:

$$t_{\text{п}} = \frac{L_{\text{п}}}{\upsilon_{\text{п}}} \tag{11}$$

или

$$t_{\text{о}} = \frac{L_{\text{о}}}{\upsilon_{\text{о}}}. \tag{12}$$

Время $t_{\text{з}}$ зависит от производительности $W_{\text{з}}$ загрузчиков или загрузочного устройства:

$$t_{\text{з}} = \frac{V_{\text{тн}i} \cdot \gamma_i \cdot \rho_{\text{н}i}}{W_{\text{з}} \cdot \rho_{\text{о}i}}. \tag{13}$$

Подставив полученные значения в (9) и условившись, что для данного типа агрегата $\boldsymbol{v}_{\text{п}} / \boldsymbol{v}_{\text{р}} = \varepsilon_{\text{п}} = \text{const}$, $\boldsymbol{v}_{\text{о}} / \boldsymbol{v}_{\text{р}} = \varepsilon_{\text{о}} \approx \text{const}$, получим:

$$T_{\text{т}} = n_{\text{тн}i} \cdot B_{\text{р}} \cdot T_{\text{р}} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{о}i} \cdot \gamma_i}{V_{\text{тн}i} \cdot \rho_{\text{н}i}} \left(\frac{L_{\text{п}}}{\varepsilon_{\text{п}}} + \frac{L_{\text{о}}}{\varepsilon_{\text{о}}} \right) + \frac{\upsilon_{\text{р}} \cdot \gamma_i}{W_{\text{з}}} \right). \tag{14}$$

Количество времени, требуемое для устранения технических неисправностей будет зависеть от количества неисправностей $n_{\text{то}}$ за смену и средней продолжительности устранения одной неисправности $t_{\text{то}}$:

$$T_{\text{то}} = n_{\text{то}} \cdot t_{\text{то}}, \tag{15}$$

где $t_{\text{то}}$ – время на выполнение одного технического обслуживания.

При этом фактическая наработка агрегата на отказ и износ его механизмов зависят от продолжительности и объема выполненных работ. Поэтому наработку на отказ целесообразно определять с учетом средней длины $L_{\text{то}}$ пути между отказами, при которой:

$$n_{\text{то}} = \frac{\upsilon_{\text{р}} \cdot T_{\text{р}}}{B_{\text{р}} \cdot L_{\text{то}}}. \tag{16}$$

Средняя наработка на отказ с учетом ширины захвата отнесенной на один метр конструктивной ширины:

$$L_{\text{то}} = \frac{\beta \cdot l_{\text{то}}}{B_{\text{р}}}, \tag{17}$$

где β – коэффициент использования конструктивной ширины захвата; $l_{\text{то}}$ – наработка на отказ условного элемента на 1 метр захвата.

Подставив значения $n_{\text{то}}$ и $L_{\text{то}}$ в (15), получим:

$$T_{\text{то}} = \frac{B_{\text{р}} \cdot \upsilon_{\text{р}} \cdot T_{\text{р}} \cdot t_{\text{то}}}{\beta \cdot l_{\text{то}}}. \tag{18}$$

По аналогии с предыдущим выражением определим время устранения технологических неисправностей, представим в виде

$$T_{\text{тн}} = \frac{B_{\text{р}} \cdot \upsilon_{\text{р}} \cdot T_{\text{р}} \cdot t_{\text{тн}}}{\beta \cdot l_{\text{тнм}}}, \tag{19}$$

где $t_{\text{тн}}$ – время устранения одного технологического отказа, с; $l_{\text{тнм}}$– наработка на технологический отказ в расчете на 1 м конструктивной ширины захвата.

На основании анализа нормативных данных [5, с. 152; 8, с. 56] составляющие баланса времени смены $T_{\text{ет}}$, $T_{\text{ем}}$, $T_{\text{пр}}$, $T_{\text{пп}}$ можно представить посредством статистических зависимостей:

$$T_{\text{ет}} = a_{\text{ет}} \cdot N_{\text{е}} + b_{\text{ет}}, \tag{20}$$

$$T_{\text{ем}} = a_{\text{ем}} \cdot B_{\text{р}} \cdot \upsilon_{\text{р}} + b_{\text{ем}}, \tag{21}$$

$$T_{\text{пр}} = a_{\text{пр}} \cdot B_{\text{р}} \cdot \upsilon_{\text{р}} + b_{\text{пр}}, \tag{22}$$

$$T_{пп} = a_{пп} \cdot B_р \cdot v_р + b_{пп}, \qquad (23)$$

где a и b – коэффициенты, выбираемые исходя из результатов экспериментальных исследований.

ЗначенияT$_{ер}$ и $T_{еп}$ также могут быть выражены в функции $B \cdot V$. Время переезда $T_{ер}$ зависит от расстояния $l_{ер}$ до места работы и скорости $V_{ер}$ переезда и определяется из следующего равенства:

$$T_{ер} = \frac{l_{ер} \cdot (1 + a_{ер} \cdot B_р \cdot v_р)}{v_{ер}}, \qquad (24)$$

Аналогично определяется время внутрисменных переездов

$$T_{еп} = \frac{l_{еп} \cdot (1 + a_{еп} \cdot B_р \cdot v_р)}{v_{еп}}, \qquad (25)$$

где $l_{еп}$ – среднее расстояние между участками, м; $\boldsymbol{v}_{еп}$ – допустимая скорость движения трактора, м/с.

Большинство вышеизложенных составляющих баланса времени смены имеют явно выраженный вероятностный характер изменения своего состояния, поэтому работу агрегата можно представить как случайный процесс, ход и исход которых зависит от многих случайных факторов. Для вычисления характеристик, определяющих эффективность работы МТА, строится вероятностная модель, для математического описания которой применяется математический аппарат Марковских случайных процессов [2, с. 38].

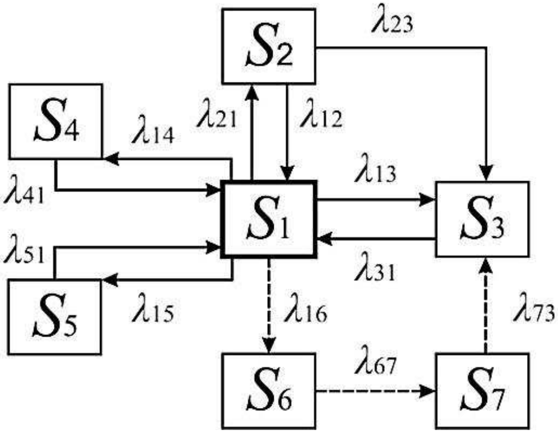

Рисунок 1 – Граф состояний посевного агрегата

На рисунке 1 представлен граф состояния работы посевного агрегата, представленный в виде сложной системыS, которая в последовательные моменты времени t_1, t_2, …, t_n оказывается в тех или иных состояниях, ведя себя, например, так $S_7 \rightarrow S_3 \rightarrow S_1 \rightarrow S_5 \rightarrow S_1$. Здесь каждое состояние изображено в виде прямоугольника, а возможные переходы из состояния в состояние – в виде стрелки и обозначаютсяλ_{ij} [6, с. 9]. Достоинство графов заключено в простоте и наглядности изображаемого процесса. Одна из основных задач теории случайных графов – определить, при какой вероятности Р будет проявлено некоторое свойство, которое присуще данному типу графа [7, с. 45].

Обозначим S_i^k событие, заключающееся в том, что после K шагов система находится в состоянии S_i. Процесс, происходящий в системе, представим как последовательность событий, в которой для каждого шага вероятность перехода из состояния S_i в любое S_j не зависит от того, когда и как система пришла в состояние S_i. Такая цепь событий называется Марковской. Опишем Марковскую цепь событий с помощью вероятностей состояний $P_i(S)$, полная группа которых для каждого номера шага K равна

$$P_1(K)+P_2(K)+\ldots+P_n(K)=1. \tag{26}$$

Пусть рассматриваемый агрегат имеет ряд дискретных состояний (1):

S_1 – агрегат работает; S_2 – производится поворот; S_3 – производится технологическое обслуживание (загрузка посевного материала, очистка рабочих органов и т.д.); S_4 – производится регулировка и устранение технологических неисправностей; S_5 – производится техническое обслуживание и устранение неисправностей; S_6 – подготовка к переезду; S_7 – переезд к месту работы, с поля на поле или к месту стоянки.

Предполагается, что в любой момент времени система S может перейти в то или иное состояние.

Пусть $P_i(t)$ – вероятность того, что в момент t система S будет находиться в состоянии S_i (i=1...n). При этом для любого момента времени сумма вероятностей состояний равна 1.

Определим вероятности состояний $P_1(t)$, $P_2(t)$ ... $P_n(t)$ для любого времени t.

Предполагаем, что система S в момент времени t находится в состоянии S_i. За элементарно малый промежуток времени Δt система из состояния S_i перейдет в состояние S_j с плотностью вероятности перехода λ_{ij}

$$\lambda_{ij} = \lim \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \tag{27}$$

где $P_{ij}(\Delta t)$ – вероятность того, что система, находящаяся в момент t в состоянии S_i, за время Δt перейдет из него в состояние S_j. Очевидно, при малом Δt, $P_{ij}(\Delta t) = \lambda_{ij}\Delta t$. Зная размеченный граф состояний (рис. 1), можно определить вероятности состояний $P_i(t)$ как функции времени. Эти вероятности удовлетворяют дифференциальным уравнениям Колмогорова [1, с. 124].

Найдем одно из вероятностных состояний, например, $P_5(t)$ (рис. 1), которое говорит о том, что в момент t система находится в состоянии S_5. Придадим малое приращение Δt и найдем вероятность того, что в момент времени $t + \Delta t$ система будет находиться в состоянии S_5. Это возможно в двух случаях: в первом, в момент t система была в состоянии S_5, а за Δt не вышла из этого состояния; во втором, в момент t система была в состоянии S_1, и за время Δt перешла из него в S_5.

Вероятность первого варианта найдем как произведение вероятности $P_5(t)$ того, что в момент t система была в состоянии S_5, на условную вероятность того, что, будучи в состоянии S_5, система за время Δt не перейдет из него в S_1, т.е. $(1 - \lambda_{51}\cdot\Delta t)\cdot P_5(t)$.

Применив ту же методику для остальных вероятностных состояний, мы получим аналогичные дифференциальные уравнения, которые будут объединены в общую систему (28). Для наглядности уберем аргумент записи t у функций P_i и запишем систему уравнений в виде:

$$\frac{dP_1}{dt} = \lambda_{31}\cdot P_3 + \lambda_{21}\cdot P_2 + \lambda_{41}\cdot P_4 + \lambda_{51}\cdot P_5 - (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16})\cdot P_1$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12}\cdot P_1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23})\cdot P_2\,; \quad \frac{dP_3}{dt} = \lambda_{23}\cdot P_2 - \lambda_{73}\cdot P_7 + \lambda_{13}\cdot P_1 + \lambda_{31}\cdot P_3\,;$$

$$\frac{dP_4}{dt} = \lambda_{14}\cdot P_1 - \lambda_{41}\cdot P_4\,; \quad \frac{dP_5}{dt} = \lambda_{15}\cdot P_1 - \lambda_{51}\cdot P_5\,; \quad \frac{dP_6}{dt} = \lambda_{16}\cdot P_1 - \lambda_{61}\cdot P_6\,;$$

$$\frac{dP_7}{dt} = \lambda_{67}\cdot P_6 - \lambda_{73}\cdot P_7\,. \tag{28}$$

Эти уравнения вероятностей состояний называются уравнениями Колмогорова.

Задавая начальные вероятности P_i в момент $t = 0$ и решая систему (28), получим изменение системы во времени. При $t \to \infty$ система выходит на стационарный режим функционирования, т.е. существуют финальные вероятности $P_i = \lim P_i(t)$.

При $t \to \infty$ дифференциальные уравнения переходят в систему алгебраических уравнений, из которых находим вероятности состояний P_{i}:

$$\lambda_{31} \cdot P_3 + \lambda_{21} \cdot P_2 + \lambda_{41} \cdot P_4 + \lambda_{51} \cdot P_5 - (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16})P_1 = 0$$

$$\lambda_{12} \cdot P_1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23}) \cdot P_2 = 0; \lambda_{23} \cdot P_2 - \lambda_{73} \cdot P_7 + \lambda_{13} \cdot P_1 + \lambda_{31} \cdot P_3 = 0;$$

$$\lambda_{14} \cdot P_1 - \lambda_{41} \cdot P_4 = 0; \lambda_{15} \cdot P_1 - \lambda_{51} \cdot P_5 = 0; \lambda_{16} \cdot P_1 - \lambda_{61} \cdot P_6 = 0;$$

$$\lambda_{67} \cdot P_6 - \lambda_{73} \cdot P_7 = 0. \tag{29}$$

Вероятность пребывания агрегата в различных состояниях определяем

$$P_1 = \left[\lambda_{31} \cdot A + \frac{\lambda_{21} \cdot \lambda_{12}}{\lambda_{21} + \lambda_{23}} - \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{16} \right]^{-1}; P_2 = \frac{\lambda_{12} \cdot P_1}{\lambda_{21} + \lambda_{23}};$$

$$P_3 = P_1 \cdot A; \; P_4 = \frac{\lambda_{14} \cdot P_1}{\lambda_{41}}; P_5 = \frac{\lambda_{15} \cdot P_1}{\lambda_{51}}; P_6 = \frac{\lambda_{16} \cdot P_1}{\lambda_{61}}; P_7 = \frac{\lambda_{67} \cdot \lambda_{16} \cdot P_1}{\lambda_{73} \cdot \lambda_{61}};$$

$$A = \frac{\lambda_{23} \cdot \lambda_{12} \cdot \lambda_{61} + \lambda_{67} \cdot \lambda_{16} \cdot (\lambda_{21} + \lambda_{23}) + \lambda_{13} \cdot \lambda_{61} \cdot (\lambda_{21} + \lambda_{23})}{(\lambda_{21} + \lambda_{23}) \cdot \lambda_{61} \cdot \lambda_{31}}. \tag{30}$$

Плотности вероятности перехода определим по следующим уравнениям [9]:

$$\lambda_{12} = \frac{v_{\text{р}}}{L_{\text{то}}}, \lambda_{21} = \frac{1}{T_{\text{то}}}, \; \lambda_{24} = \frac{T_{\text{х}}}{T_{\text{р}} \cdot T_{\text{то}}}, \; \lambda_{14} = \frac{v_{\text{р}}}{L_{\text{г}}}, \; \lambda_{31} = \frac{1}{T_{\text{т}}},$$

$$\lambda_{13} = \frac{v_{\text{р}}}{L_{\text{т}}}, \; \lambda_{41} = \frac{1}{T_{\text{х}}}, \; \lambda_{43} = \frac{B \cdot v \cdot U}{v_i \cdot \gamma_i \cdot \rho_i}, \; \lambda_{45} = \frac{B \cdot v}{F_{\text{п}}}, \lambda_{56} = \frac{1}{T_{\text{пп}}}, \lambda_{61} = \frac{1}{T_{\text{еп}}}. \tag{31}$$

Решая систему (30) с учетом (31), находим искомые вероятности P_{i} пребывания агрегата в различных состояниях.

Коэффициент использования времени смены τ определим через вероятность пребывания агрегата в рабочем состоянии

$$\tau = t_{\text{р.з}} \cdot P_1, \tag{32}$$

где $t_{\text{р.г}}$ – коэффициент регламентируемых затрат времени смены.

Выводы. Определение коэффициента использования времени смены, по схеме Марковских случайных процессов, позволяет учесть вероятностный характер условий эксплуатации агрегатов. Повышение производительности агрегата обеспечивается за счет более эффективного использования рабочего времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е. С. Исследование операций. М.: Сов. радио, 1972. 542 с.

2. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров // Учеб. пособие для втузов. 2-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2000. 383 с.

3. ГОСТ 24055-88 Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Изд-во стандартов, 1988. 15 с.

4. ГОСТ 24059-88 Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Изд-во стандартов, 1988. 10 с.

5. Зангиев А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка Текст. / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. М.: Колос С, 2008. 320 с.

6. Косолапов В. В., Скороходов А. Н. Определение эффективности работы посевного агрегата / В. В. Косолапов, А. Н. Скороходов // Сельский механизатр. 2012. № 10. С. 9–10.

7. Новожилов А. И. Применение теории графов к формированию технолого-технических ресурсов в растениеводстве. /А. И. Новожилов, А. В. Пасин, Л. А. Кистанова, А. Ю. Еремин, А. А. Потоцкий, Е. А. Лукашин //Вестник ФГОУ ВПО «МГФУ им. В.П. Горячкина». 2010. С.43–46.

8. Панин А. В. Оптимизация технологических процессов в зерновом производстве / А. В. Панин // Экономика АПК: проблемы и решения : сб. труд, междунар. науч.-практич. конф. ВНИИЭТУСХ. 4.2. М.: Восход-А, 2005. С. 58–61.

9. Скороходов А. Н. Обоснование методов повышения эффективности использования технологических комплексов в растениеводстве): дис. д.т.н: 05.20.01 / А. Н. Скороходов. М.: 1997. 348 с.

JUSTIFICATION FOR OPTIMAL LOADING OF MTA

Keywords: *machine-tractor aggregate (MTA), graph of the statement, probability, mathematical apparatus of chains by Markov, method.*

Annotation. *This article describes the method of determining the balance of shifts time by determining the coefficient of time-use taking into account the probabilistic nature of the seeder. The model of the process (graph of the statement), and the mathematical description is made with the use of the mathematical apparatus of chains by Markov.*

КОСОЛАПОВ ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ – старший преподаватель кафедры «Тракторы и автомобили», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (Vladimir.kosolapov@mail.ru).

KOSOLAPOV VLADIMIR VIKTOROVICH – senior lecturer of the chair «Tractors and Automobiles», Nizhny Novgorod State Engineering and Economic Institute, Russia, Knyaginino, (Vladimir.kosolapov@mail.ru).

КОСОЛАПОВА ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА – старший преподаватель кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (K-art-inka@yandex.ru).

KOSOLAPOVA ELENA VALENTINOVNA – senior lecturer of the chair «Technical Service», Nizhny Novgorod State Engineering and Economic Institute, Russia, Knyaginino, (K-art-inka@yandex.ru).
