

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАКТОРА С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ В СОСТАВЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

S. Yu. Zhuravlev

THE EFFICIENCY OF THE TRACTOR WITH THE ENGINE OF CONSTANT POWER AS A PART OF TILLING UNIT

Журавлев С.Ю. – канд. техн. наук, доц. каф. механизации и технического сервиса в АПК Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: SUJ61@mail.ru

Zhuravlev S.Yu. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Mechanization and Technical Service in AIC, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: SUJ61@mail.ru

Цель исследования: установление с помощью теоретических методик оптимальных эксплуатационных параметров и режимов работы почвообрабатывающего МТА в составе с трактором, оснащенным двигателем постоянной мощности. Основная задача исследования: с помощью универсальной расчетной методики установить оптимальные параметры и режимы работы почвообрабатывающего агрегата с трактором 5-го класса тяги, на котором установлен двигатель постоянной мощности. В качестве объекта исследования рассматривается трактор 5-го класса тяги John Deere 8310R при выполнении операции вспашки с плугом ПЛН-8-35. Используется расчетная методика установления значений энергетических и технико-экономических параметров работы МТА, основанная на методе функций случайных аргументов. По результатам исследования установлено, что мощность двигателя N_e при коэффициенте вариации $V_M = 0,2$ снизится на 7,5 % в зоне максимума мощности, согласно стендовой характеристике, удельный расход топлива g_e повысится на 1,5 %. Расчет средних значений частоты вращения коленчатого вала показал, что они также снижаются (на 7,5 % при значении $M_k = 1136 \text{ Н} \cdot \text{м}$). Это приводит к снижению рабочих скоростей и производительности агрегата. По данным расчетов значения оптимальных нагрузочных режимов двигателя по критерию максимума эффективной мощности соответствуют значению крутящего момента $M_k = 1136 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Это область максимальной мощности стендовой характеристики дизеля. Основной результат исследования: на примере МТА, в состав которого входят трактор John Deere 8310R и плуг ПЛН-8-35, рассмотрены показатели эффективности использования агрегатов подобного типа в производственных условиях. С целью более эффективного использования тракторов с двигателями постоянной мощности на основе расчетных методик обоснованы эксплуатационные режимы рабочего хода почвообрабатывающих агрегатов для основных групп технологических операций.

Ключевые слова: эффективность, трактор, двигатель постоянной мощности, почвообрабатывающий агрегат, рациональные режимы, энергетические и технико-экономические параметры, многокритериальная оптимизация.

The research objective was the establishment the optimum operational parameters and operating modes of soil-cultivating MTA in structure with the tractor equipped with the engine of constant power by means of theoretical techniques. The main objective of the research was by means of universal settlement technique to set optimum parameters and operating modes of soil-cultivating unit with the tractor of the 5th class of draft on which the engine of constant power is installed. As the object of the researches the tractor of the 5th class of draft of John Deere 8310R when performing the operation of plowing with PLN-8-35 plow was considered. The settlement technique of establishment of values of power and technical and economic parameters of the work of MTA based on the method of functions of casual arguments was used. By the results of the research it was established that engine capacity at variation coefficient = 0.2 would decrease by 7.5 % in power maximum zone, according to the bench characteristic, specific fuel consumption would increase by 1.5 %. The calculation of average values of frequency of rotation of cranked shaft showed that they also decreased (by 7.5 % at the value $M_k = 1136 \text{ Н} \cdot \text{м}$). It led to the decrease in working speeds and the productivity of the unit. According to the calculations of value of optimum load modes of the engine for criterion of maximum of effective power correspond to value of the torque $M_k = 1136 \text{ Н} \cdot \text{м}$. It is the area of the maximum power of the bench characteristic of the diesel. The main result of the researches was on the example of MTA which part were John Deere 8310R tractor and the plow of PLN-8-35, the indicators of the efficiency of using the units of this kind under production conditions were considered. For the purpose of more effective use of tractors with engines of constant power on the basis of settlement techniques the operational modes of working course of soil-cultivating units for the main groups of technological operations were proved.

Keywords: efficiency, tractor, constant power engine, soil-cultivating unit, rational modes, power and technical and economic parameters, multi-objective optimization.

Введение. Современное машиностроение производит энергетические средства и сельскохозяйственные машины, которые входят в состав машинно-тракторных агрегатов (МТА), выполняющих технологические операции обработки почвы на достаточно высоких скоростях. Вполне очевидна дальнейшая тенденция к увеличению рабочих скоростей мобильных агрегатов в рамках агротехнических требований.

По результатам многочисленных исследований [1–3] установлено, что увеличение рабочих скоростей агрегатов приводит к существенному росту колебаний внешней нагрузки в низкочастотном диапазоне (до 5 Гц). Колебания нагрузки на МТА вызывают колебания крутящего момента на коленчатом валу двигателя, что приводит к снижению его эффективной мощности и повышению удельного расхода топлива.

Поэтому задача установления наиболее рациональных режимов работы мобильных машинно-тракторных агрегатов не теряет своей актуальности.

Цель исследования: установление с помощью теоретических методик оптимальных эксплуатационных параметров и режимов работы почвообрабатывающего МТА в составе с трактором, оснащенным двигателем постоянной мощности.

Задача исследования: с помощью универсальной расчетной методики обосновать оптимальные параметры и режимы работы почвообрабатывающего агрегата с трактором 5-го класса тяги, на котором установлен двигатель постоянной мощности.

Объект исследования. Результаты наблюдений в производственных условиях за работой почвообрабатывающих агрегатов показывают, что возможности трактора с современным дизелем используются зачастую не полностью, а именно на 50–60 %.

Рассмотрим результаты полевых испытаний трактора 5-го класса тяги John Deere 8310R при выполнении операции вспашки с плугом ПЛН-8-35. После выполнения агрегатом нескольких рабочих ходов установлено, что скорость движения агрегата составила в среднем 7,81 км/ч, часовой расход топлива G_m при этом составил 38,04 кг/ч. Частота вращения коленчатого вала дизеля колебалась от 1970 до 2050 $мин^{-1}$. Трактор работал на 8-й передаче. По данным бортового компьютера загрузка двигателя при выполнении рабочих ходов составила 50–60 и менее процентов. Средняя величина загрузки составила 50 %.

Значение теоретической часовой производительности агрегата равно 2,5 га/ч, фактической – 2,0 га/ч. Расход топлива G_m в среднем составил 16 кг/га.

Материалы и методы исследования. Для того чтобы сопоставить реальные показатели работы агрегата и ожидаемые (соответствующие максимальной загрузке двигателя и трактора), необходимо с помощью адекватной расчетной методики установить значения энергетических и технико-экономических параметров работы МТА.

С учетом вероятностного характера внешней нагрузки средние значения мощности двигателя рассчитываем с помощью формулы [4].

$$M(N_e) = f(M_k) = 9550^{-1} \left[\begin{aligned} &0,5(a \bar{M}_k + b \bar{M}_k^2 + b \sigma_M^2) + \\ &(a_1 \bar{M}_k + b_1 \bar{M}_k^2 + b_1 \sigma_M^2) \Phi(t_H) + \\ &+ (a_2 \bar{M}_k + b_2 \bar{M}_k^2 + b_2 \sigma_M^2) \Phi(t_{II}) - \\ &- \sigma_M \{ b_1 \varphi(t_H) \bar{M}_k + b_2 \varphi(t_{II}) \bar{M}_k \} \end{aligned} \right], \quad (1)$$

где $M(N_e)$ – математическое ожидание мощности, кВт; \bar{M}_k – среднее значение крутящего момента, Н·м; $\Phi(t_H) = (2\pi)^{-1/2} \int_0^{t_H} e^{-t^2/2} dt$ – интегральная функция для $Y = f(M_k)$; $\varphi(t_H) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-0,5t_H^2)$ – плотность распределения аргумента t_H ; $\Phi(t_{II}) = (2\pi)^{-1/2} \int_0^{t_{II}} e^{-t^2/2} dt$ – интегральная функция для $Y = f(M_k)$;

$\varphi(t_{II}) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-0,5t_{II}^2)$ – плотность распределения аргумента t_{II} ; $t_H = \frac{M_H - \bar{M}_k}{\sigma_M}$; $t_{II} = \frac{M_{II} - \bar{M}_k}{\sigma_M}$; σ_M – среднее квадратическое отклонение крутящего момента, Н·м; M_H – номинальная величина крутящего момента, Н·м; M_{II} – предельная величина крутящего момента, Н·м; a_1, b_1, a, b, a_2, b_2 – расчетные коэффициенты (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты для расчета средних значений мощности двигателя постоянной мощности

Коэффициент	Расчетная формула
1	2
A_1^*	n_{max}
A_2^*	$n_H + \{ [n_H - n_{II}] / (k_2 - 1) \}$
A_3^*	$n_{II} + \{ (n_{II} - n_{min}) / (k_1 - 1) \}$
B_1^*	$-(n_{max} - n_H) / M_H$
B_2^*	$-(n_H - n_{II}) / (M_{II} - M_H)$
B_3^*	$-(n_{II} - n_{min}) / (M_{max} - M_{II})$
a^*	$A_1^* + A_3^*$

1	2
a_1^*	$A_1^* - A_2^*$
a_2^*	$A_2^* - A_3^*$
b^*	$B_1^* + B_3^*$
b_1^*	$B_1^* - B_2^*$
b_2^*	$B_2^* - B_3^*$

$n_{max}, n_H, n_{\Pi}, n_{min}$ – угловая скорость вала дизеля соответственно: максимальная, для номинального момента, для предельного момента и при максимальном моменте, $мин^{-1}$; $k_1 = M_{max}/M_{\Pi}$; $k_2 = M_{\Pi}/M_H$.

Для расчета средних значений часового расхода топлива двигателя используется следующее выражение [4]:

$$\bar{G}_T = 0,5(a^* + b^* \bar{M}_k) + (a_1^* + b_1^* \bar{M}_k) \Phi(t_H) + (a_2^* + b_2^* \bar{M}_k) \Phi(t_n) - \sigma_P \{ (b_1^* \varphi(t_H) + b_2^* \varphi(t_n)) \}, \quad (2)$$

где \bar{G}_T – среднее значение часового расхода топлива, кг/ч; $a_1^*, b_1^*, a_2^*, b_2^*, a^*, b^*$ – расчетные коэффициенты (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты для расчета средних значений часового расхода топлива двигателя постоянной мощности

Коэффициент	Расчетная формула
A_1	G_{TX}
A_2	$G_{TH} + \{ [G_{TH} - G_{T\Pi}] / (k_2 - 1) \}$
A_3	$G_{T\Pi} + \{ (G_{T\Pi} - G_{TO}) / (k_1 - 1) \}$
B_1	$-(G_{TX} - G_{TH}) / M_H$
B_2	$-(G_{TH} - G_{T\Pi}) / (M_n - M_H)$
B_3	$-(G_{T\Pi} - G_{TO}) / (M_{max} - M_n)$
a	$A_1^* + A_3^*$
a_1	$A_1^* - A_2^*$
a_2	$A_2^* - A_3^*$
b	$B_1^* + B_3^*$
b_1	$B_1^* - B_2^*$
b_2	$B_2^* - B_3^*$

$G_{TX}, G_{TH}, G_{T\Pi}, G_{TO}$ – часовой расход топлива соответственно: на холостом ходу, номинальный, для предельного крутящего момента, при максимальном крутящем моменте, кг/ч; $k_1 = M_{max}/M_n$; $k_2 = M_n/M_H$.

Математические ожидания удельного расхода топлива находим по формуле

$$\bar{g}_e = 10^{-3} \frac{\bar{G}_T}{N_e}, \quad (3)$$

где \bar{g}_e – математическое ожидание удельного расхода топлива, г/кВт·ч.

Средние значения часовой производительности МТА определяем с помощью выражения [2]

$$M(W_{\text{ч}}) = C_{wi} [M(N_e)], \quad (4)$$

где $M(W_{\text{ч}})$ – среднее значение производительности агрегата, га/ч; $M(N_e)$ – среднее значение мощности двигателя, кВт.

Результаты исследования. В таблице 3 представлены результаты расчета средних значений энергетических параметров двигателя трактора John Deere 8310R в

зависимости от значения коэффициента вариации момента V_M на коленчатом валу дизеля трактора. По результатам исследования установлено, что мощность двигателя N_e при $V_M = 0,2$ снизится на 7,5 % в зоне максимума мощности, согласно стендовой характеристике, удельный расход топлива g_e повысится на 1,5 %. Расчет средних значений частоты вращения коленчатого вала показал, что они также снижаются (на 7,5 % при значении $M_k = 1136 \text{ Н}\cdot\text{м}$). Это приводит к снижению рабочих скоростей и производительности агрегата. Данные расчетов позволяют утверждать: оптимальные нагрузочные режимы двигателя по максимуму эффективной мощности находятся в зоне значений крутящего момента $M_k = 1136 \text{ Н}\cdot\text{м}$, которые соответствуют максимальному значению мощности по стендовой характеристике, независимо от величины коэффициента вариации нагрузки на дизель.

Средние значения энергетических показателей двигателя PowerTechPSX 6090RW212 в зависимости от коэффициента вариации V_M крутящего момента дизеля

Коэффициент вариации V_M	$M_H = 933 \text{ Н} \cdot \text{м}$		$M_n = 1136 \text{ Н} \cdot \text{м}$		$M_{max} = 1307 \text{ Н} \cdot \text{м}$		Оптимальное значение M_k^* , Н·м	Значение N_e при M_k^* , кВт	n_d , мин ⁻¹
	N_e , кВт	n_d , мин ⁻¹	N_e , кВт	n_d , мин ⁻¹	N_e , кВт	n_d , мин ⁻¹			
0	205	2100	226	1900	219	1600	1136	226	1900
0,1	201,8	2068	220	1849	215,05	1571	1170	220,43	1800
0,15	199,3	2037	215	1807	209,74	1534	1165	215,25	1762
0,2	196,05	2006	208,86	1757	202,44	1476	1150	208,9	1736
Коэффициент вариации V_M	$M_H = 933 \text{ Н} \cdot \text{м}$		$M_n = 1136 \text{ Н} \cdot \text{м}$		$M_{max} = 1307 \text{ Н} \cdot \text{м}$		Оптимальное значение M_k^* , Н·м	Значение g_e при M_k^* , г/кВт·ч	G_T , кг/ч
	g_e , г/кВт·ч	G_T , кг/ч	g_e , г/кВт·ч	G_T , кг/ч	g_e , г/кВт·ч	G_T , кг/ч			
0	256,7	52,66	256,63	58,13	256,7	56,17	1136	256,63	52,66
0,1	257,4	52,13	256,1	56,35	260,6	56,04	1060	255,65	55,3
0,15	257,56	51,46	257,47	55,36	265,15	55,61	1030	256,14	53,765
0,2	257,58	50,5	260	54,3	271,46	54,95	1000	256,93	52,11

Расчетные значения оптимальных нагрузочных режимов двигателя по минимуму удельного расхода топлива соответствуют величине крутящего момента $M_k=1000-1060$ Н·м. Мощность двигателя для указанных значений момента заметно ниже своего оптимального значения, поэтому использование степени загрузки дизеля по минимуму расхода топлива приведет к снижению производительности агрегата. Поэтому (с учетом незначительного расхождения значений \bar{g}_e в области $M_k=1136$ Н·м) окончательное значение оптимальной загрузки двигателя трактора должно находиться в области, соответствующей максимальной мощности. То есть коэффициент загрузки двигателя $\lambda_m=1,0$ ($M_k^*=1136$ Н·м).

С учетом того, что при вспашке величина коэффициента вариации момента V_M может находиться в пределах 0,2 (см. табл. 3), среднее значение фактической производительности $M(W_q)$ при использовании оптимальных нагрузочных режимов по максимуму мощности двигателя составит 3,6 га/ч. Эта производительность МТА превышает производительность, установленную по результатам полевых испытаний пахотного агрегата. Минимум удельного расхода топлива в среднем составит 256,93 г/кВт·ч. Часовой расход топлива G_m на один гектар на данном режиме работы МТА – 15 кг/га.

Для определения наиболее рациональных нагрузочных режимов работы двигателя с учетом переменного характера внешних воздействий желательно использовать методику оптимизации, которая опирается на два важнейших критерия – мощность и расход топлива.

Решить эту задачу может методика многокритериальной оптимизации параметров МТА на режимах рабочего хода с использованием генетических алгоритмов [5].

Данная методика оценивает рациональные режимы работы двигателя и агрегата по следующему критерию: минимум энергозатрат при выполнении технологически операций почвообработки $\lambda_{\bar{E}_{MTA}}^*$.

Этот оценочный показатель учитывает минимальную величину потерь энергии при снижении производительности МТА и повышении расхода топлива. Он рассчитывается, как соотношение величины энергозатрат при базовом значении нагрузочных режимов дизеля $\lambda_m(\lambda_m=1,0)$ и суммарных энергозатрат при работе дизеля трактора на оптимальном режиме λ_m^* для различных значений коэффициента вариации крутящего момента на валу дизеля.

Результаты расчетов с использованием вышеназванной методики представлены в таблице 4.

Таблица 4

Оптимальные параметры и режимы работы двигателя

V_M	$M(N_e)$, кВт	\bar{G}_T , кг	λ_m^*	$\lambda_{\bar{E}_{MTA}}^*$
0,1	220,42	56,54	1,027	0,9447
0,15	215,23	55,52	1,017	0,9532
0,2	208,29	53,88	0,97	0,9636

Анализ результатов двухкритериальной оптимизации, представленных в таблице 4, во многом соответствует данным таблицы 3. Уровень загрузки дизеля λ_m^* находится в пределах 1,0, средние значения эффективной мощности согласуются с данными таблицы 3 для оптимальных нагрузочных режимов. Минимальные значения уровня энергозатрат на рабочих режимах, а также наименьшие значения суммарных эксплуатационных затрат будут обеспечены в зоне степени загрузки двигателя $\lambda_m=0,97-1,03$.

Выводы

1. На примере МТА, в состав которого входят трактор John Deere 8310R и плуг ПЛН-8-35, рассмотрены показатели эффективности использования агрегатов подобного типа в производственных условиях.

2. С целью более эффективного использования тракторов с двигателями постоянной мощности на основе расчетных методик обоснованы эксплуатационные режимы рабочего хода почвообрабатывающих агрегатов для основных групп технологических операций.

Литература

1. Агеев Л.Е., Бахриев С.Х. Эксплуатация энергонасыщенных тракторов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 271 с.

2. Селиванов Н.И. Технологические основы адаптации тракторов. – Красноярск, 2012. – 259 с.
 3. Эвиев В.А. Методология повышения эффективности функционирования тяговых и тягово-приводных агрегатов за счет оптимизации эксплуатационных режимов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2005. – 32 с.
 4. Журавлев С.Ю. Влияние переменных внешних факторов на производительность машинно-тракторных агрегатов // Вестн. КраГАУ. – 2011. – № 7. – С. 148–153.
 5. Журавлев С.Ю. Многокритериальная оптимизация энергозатрат при использовании машинно-тракторных агрегатов // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 2. – С. 26–28.

Literatura

1. Ageev L.E., Bahriev S.H. Jekspluatacija jenergonasyshennyh traktorov. – M.: Agropromizdat, 1991. – 271 s.
 2. Selivanov N.I. Tehnologicheskie osnovy adaptacii traktorov. – Krasnojarsk, 2012. – 259 s.
 3. Jeviev V.A. Metodologija povyshenija jeffektivnosti funkcionirovanija tjugovyh i tjugovo-privodnyh agregatov za schet optimizacii jekspluatacionnyh rezhimov: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk. – Spb., 2005. – 32 s.

4. Zhuravlev S.Ju. Vlijanie peremennyh vnesnih faktorov na proizvoditel'nost' mashinno-traktornyh agregatov // Vestn. KraGAU. – 2011. – № 7. – S. 148–153.
5. Zhuravlev S.Ju. Mnogokriterial'naja optimizacija jenergozatrata pri ispol'zovanii mashinno-traktornyh agregatov // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2014. – № 2. – S. 26–28.



УДК 664.724

**Ю.Ф. Росляков, В.В. Вербицкий,
М.А. Янова**

УСТАНОВКА ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ВЛАЖНОГО РИСА-ЗЕРНА ПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТОЙ

**Yu.F. Roslyakov, V.V. Verbitsky,
M.A. Yanova**

THE DEVICE FOR THE PRESERVATION OF WET RICE GRAIN WITH THE HELP OF PROPIONIC ACID

Росляков Ю.Ф. – д-р техн. наук, проф. каф. технологии зерновых, хлебных, пищевкусковых и субтропических продуктов Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар. E-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Вербицкий В.В. – канд. техн. наук, доц. каф. наземного транспорта и механики Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар. E-mail: vladimirverbitsky2010@gmail.com

Янова М.А. – канд. с.-х. наук, доц. каф. товароведения и управления качеством продукции АПК Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: yanova.m@mail.ru

Roslyakov Yu.F. – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Technology of Grain, Bread, Food and Flavoring and Subtropical Products, Kuban State Technological University, Krasnodar. E-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Verbitsky V.V. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Land Transport and Mechanics, Kuban State Technological University, Krasnodar. E-mail: vladimirverbitsky2010@gmail.com

Yanova M.A. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Merchandizing and Product Quality Control of AIC, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: yanova.m@mail.ru

С целью увеличения сроков безопасного хранения зерна риса с оптимальной технологической влажностью и исключения потерь была разработана установка для обработки влажного зерна риса органическим консервантом перед закладкой на хранение. Установка относится к оборудованию для консервации влажного зерна с использованием фазового перехода консерванта и предназначена для обработки риса-зерна консервантом в потоке. Она содержит горизонтальный шнековый транспортер с двумя паровыми камерами, одна из которых охватывает его кожух, а вторая расположена в теле шнека; средства загрузки и выгрузки зерна; емкость с пропионовой кислотой и кипятильником, сообщенная с паровыми камерами, связанными, в свою очередь, через сопловые отверстия с полостью кожуха транспортера. Использование установки позволяет повысить равномерность распределения консерванта в консервируемой зерновой массе, надежность стерилизации зерна за счет увеличения вероятности уничтожения кислоторезистентных форм микрофлоры и существенно снизить расход пропионовой кислоты за счет повышения равномерности ее распределения по поверхности зерновок и минимизации толщины образующейся на их поверхности пленки пропионовой кислоты, а также повысить пищевую безопасность зерна риса. Зерно оптимальной технологической влажности,

обработанное на предлагаемой установке, можно хранить до 6 мес., а затем перерабатывать его во влажном состоянии, при этом повышается общий выход крупы и, в частности, целого ядра за счет снижения растрескивания эндосперма зерновок при шелушении и шлифовании и в результате исключения процесса сушки риса-зерна. Техническим результатом использования предлагаемой установки является равномерность распределения консерванта в консервируемой зерновой массе, полное подавление развития всех форм микрофлоры на обработанном зерне. Конструкция установки позволяет повысить вероятность уничтожения не только вегетативных, но и споровых форм микроорганизмов, населяющих зерновую массу, при генерировании в потоке пропионовой кислоты ультразвуковых колебаний.

Ключевые слова: рис-зерно, установка, пропионовая кислота, стерилизация, ультразвуковые колебания.

For the purpose of increasing in the terms of safe storage of rice grain with optimum technological humidity and the excluding of losses the installation or processing of rice wet grain by organic preservative before laying on storage was developed. The installation belongs to the equipment for preservation of wet grain with use of phase transition of preservative and is intended for rice-grain processing by pre-