

УДК 631.17

UDC 631.17

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАШИН
УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО
КОМПЛЕКСА ДЛЯ НЕВЕЙКИ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИЦЕПНЫХ
КОМБАЙНОВ НА ПРЯМОМ
КОМБАЙНИРОВАНИИ****OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF
MACHINES OF THE HARVESTING COMPLEX
FOR UNWINNED GRAIN WITH THE
APPLICATION OF PULL-TYPE COMBINES
FOR STRAIGHT COMBINING**

Палапин Алексей Витальевич
к.т.н., доцент кафедры ЭМТП
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Palapin Aleksei Vitalyevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Предложена математическая модель оптимизации параметров машин уборочно-транспортного комплекса для «Невейка» с применением прицепных комбайнов на прямом комбайнировании

The mathematical model and the flow chart of the algorithm of the parameters and operating modes optimization of the multifunctional harvester on the basis of the pull-type combine harvester on the straight combining with the winnowing of grain are developed

Ключевые слова: ОПТИМИЗАЦИЯ, ТРАКТОР, КОМБАЙН, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АГРЕГАТ, МОДЕЛЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГОЕМКОСТЬ

Keywords: MULTIFUNCTIONAL HARVESTER, COMBINE HARVESTER, PARAMETERS, OPTIMIZATION, POWER INPUTS

Предлагаемое совершенствование технологии уборки зерновых колосовых культур прицепными зерноуборочными комбайнами по методу сбора в бункер невеяного вороха и очистки его на стационаре не является принципиально новым способом. Эта технология уже применяется, например, в Канаде [1] и обеспечивает высокую эффективность. Известны работы ВИМ, ВИСХОМ, ВНИПТИМЭСХ и др. [2, 3]. Предлагаемые нами отличия от известной технологии заключаются в следующем. На базе прицепного комбайна с измельчителем создается комбинированный агрегат для уборки урожая с одновременным лущением стерни или посевом пожнивных культур [2]. Ворох, выгружается из бункера в накопитель-перегрузчик, агрегатируемый с тракторами, и транспортируется на стационар, где с помощью сепаратора проводится разделение вороха на товарное зерно и мякину. Часть товарного зерна поступает в хранилище, а часть – на сортировку на семена, мякина пневмотранспортером складывается в курган и используется на корм животным.

Для обоснования эффективности предлагаемой технологии разработана математическая модель для оптимизации параметров машин уборочно-транспортного комплекса (УТК), блок-схема алгоритма которой представлена на рисунке.

Принятые допущения в модели: все машинно-тракторные агрегаты (МТА), входящие в состав УТК, качественно выполняют агротребования. С целью повышения продолжительности уборки до 20 рабочих дней должно убираться не менее 4 сортов пшеницы с разными сроками созревания. При этом каждый сорт должен убираться не более чем за пять дней, после которых значительно возрастают биологические и механические потери урожая. Соблюдение поточности уборки и непрерывности процесса – объем намолоченного вороха за час должны равняться транспортируемому на стационар. Уборка зерновых колосовых культур с применением невейки не предусматривает в случае изменения погодных и других условий в предложенной матмодели уборку по другой возможно более рациональной технологии с максимальным сохранением выращенного урожая, но обеспечивает прямое комбайнирование других сельскохозяйственных культур (зернобобовых, масличных).

В качестве критерия оптимизации (целевой функции) модели принят минимум совокупных затрат энергии на все технологические операции уборки урожая и основных послеуборочных работ (пожнивной посев, доработка зерна, складирование мякины). Критерий оптимизации можно представить так:

$$E_3 = \left(E_f^{azp} + E_{xx}^{azp} + E_{ТП} + E'_{МУПА} + E_{НП} + E'_{НП} + E_{посев} + E_{Gm} + E_{ТЛ} \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

где E_3 – совокупные затраты энергии на реализацию технологии уборки зерновых, МДж/т; E_f^{azp} – затраты энергии на перекачивание многофункционального агрегата (МУПА), МДж/т; E_{xx}^{azp} – затраты энергии на холостой ход агрегата, МДж/т; $E_{ТП}$ – затраты энергии на

технологический процесс работы агрегата, МДж/т; $E'_{МУПА}$ – затраты энергии на изготовление, использование, техническое обслуживание и ремонт агрегата, МДж/т; $E_{НП}$ – затраты энергии на изготовление, использование, техническое обслуживание и ремонт агрегата для транспортировки вороха на стационар, МДж/т; $E'_{НП}$ – затраты энергии на транспортировку вороха, МДж/т; $E_{посев}$ – затраты энергии на пожнивной сев сеялкой прямого посева в составе МУПА, МДж/т; $E_{Gт}$ – прямые затраты энергии на расходуемое топливо агрегатами, МДж/т; $E_{ТЛ}$ – затраты энергии на работу стационарной технологической линии по доработке и разделению вороха, МДж/т.

В качестве ограничений, введенных в модель, приняты: уборочные площади F , рабочая длина гона L_p , урожайность зерна U , ширина захвата жатки B , расстояние переездов S машин, плотность вороха ρ , вместимость бункера V_b комбайна и накопителя-перегрузчика $V_{НП}$, продолжительности уборки $n_{pд}$, отношение массы мякины к массе зерна δ_m , буксование ходовых колес трактора δ , агрегирующего комбайн (оператор 10), рабочей скорости v_p комбайна (оператор 4), тягового сопротивления сеялки R_c (оператор 29) и др.

В составе УТК нами рассмотрен прицепной зерноуборочный комбайн, работающий в режиме прямого комбайнирования, сбора невейки, измельчения и разбрасывания соломы в агрегате с зерновой сеялкой прямого посева. Такой агрегат отличается от технологии уборки зерна методом очеса на корню (МУПА-1). Все это учтено в математической модели (см. блок-схему алгоритма). Получены уточненные зависимости для комбайна в режиме прямого комбайнирования: рабочей скорости (оператор 4), комбайна G_k (оператор 23), потребная мощность двигателя N^e_{Tp} (оператор 30), агрегирующего прицепной комбайн с сеялкой и

расход топлива (операторы 40,а и 40,б), который возрастает при работе комбайна на 40 % по сравнению с очесом на корню [4, 5].

Рабочая скорость u_p движения комбайна многофункционального уборочно-посевного агрегата будет определяться по уточненной формуле:

$$u_p = \frac{36 q \cdot K_{II}}{0,95 B \cdot U} = \frac{22,79 \cdot q K_{II}}{B \cdot U} = \frac{22,8 \cdot q}{B \cdot U}, \quad (2)$$

q – пропускная способность комбайна, кг/с; K_{II} – коэффициент снижения пропускной способности комбайна по сравнению с очесом на корню.

Масса комбайна, в отличие от очесывающего варианта, будет повышена за счет массы измельчителя соломы, который не используется при очесе. Тогда дополнительно к слагаемым оператора 23 необходимо добавить массу измельчителя:

$$G_k = 295 \cdot B + 700 \cdot q + 109 \cdot q = 295 \cdot B + 809 \cdot q. \quad (3)$$

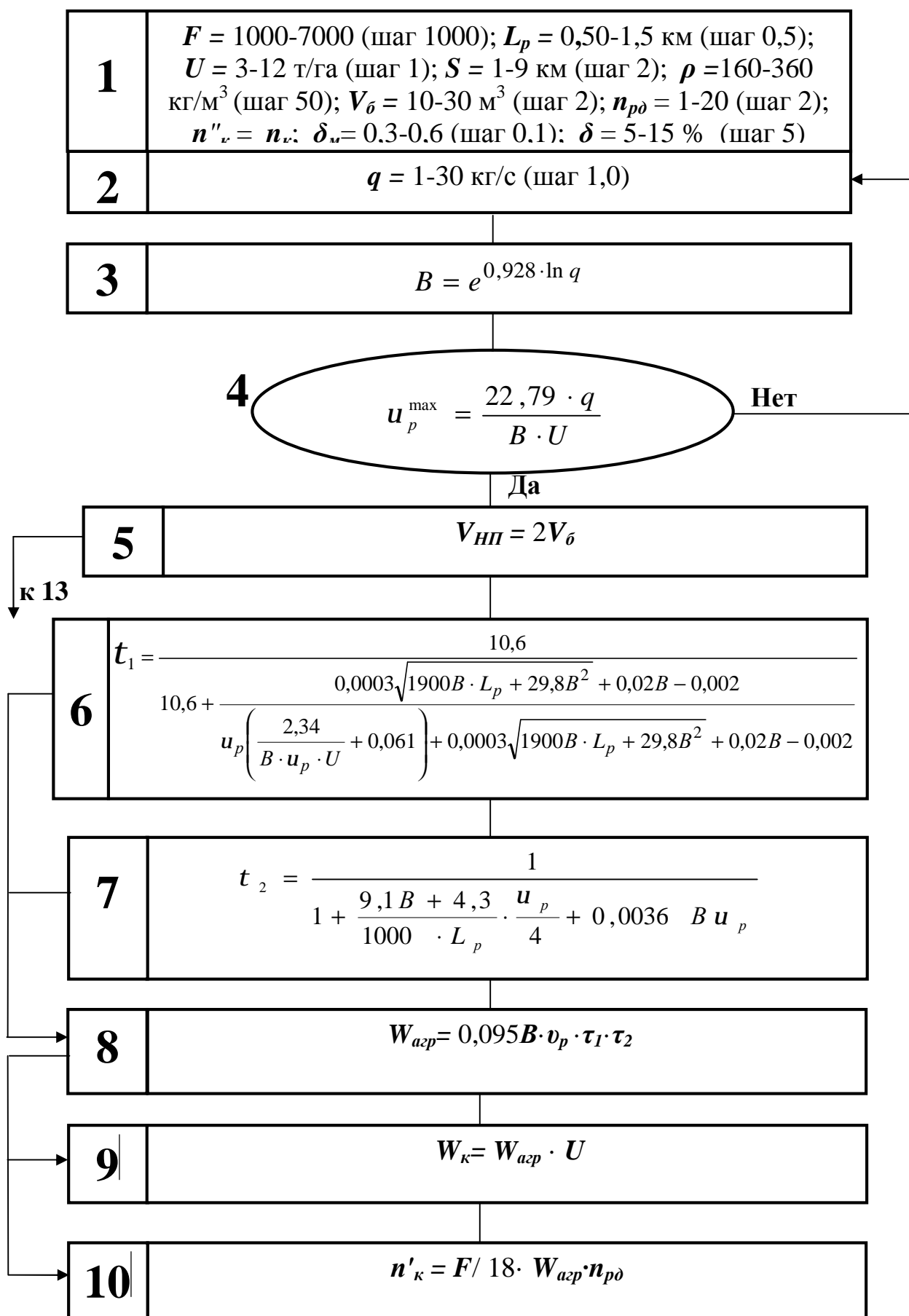
Соответственно повысятся затраты энергии на перекачивание комбайна E_f^{az} (оператор 32), а также на изготовление $E'_{МУПА}$ (оператор 35). Также существенно возрастут затраты энергии на расходуемое топливо комбайном (операторы 40а, 40б) и, конечно, общие совокупные затраты E_3 (оператор 42).

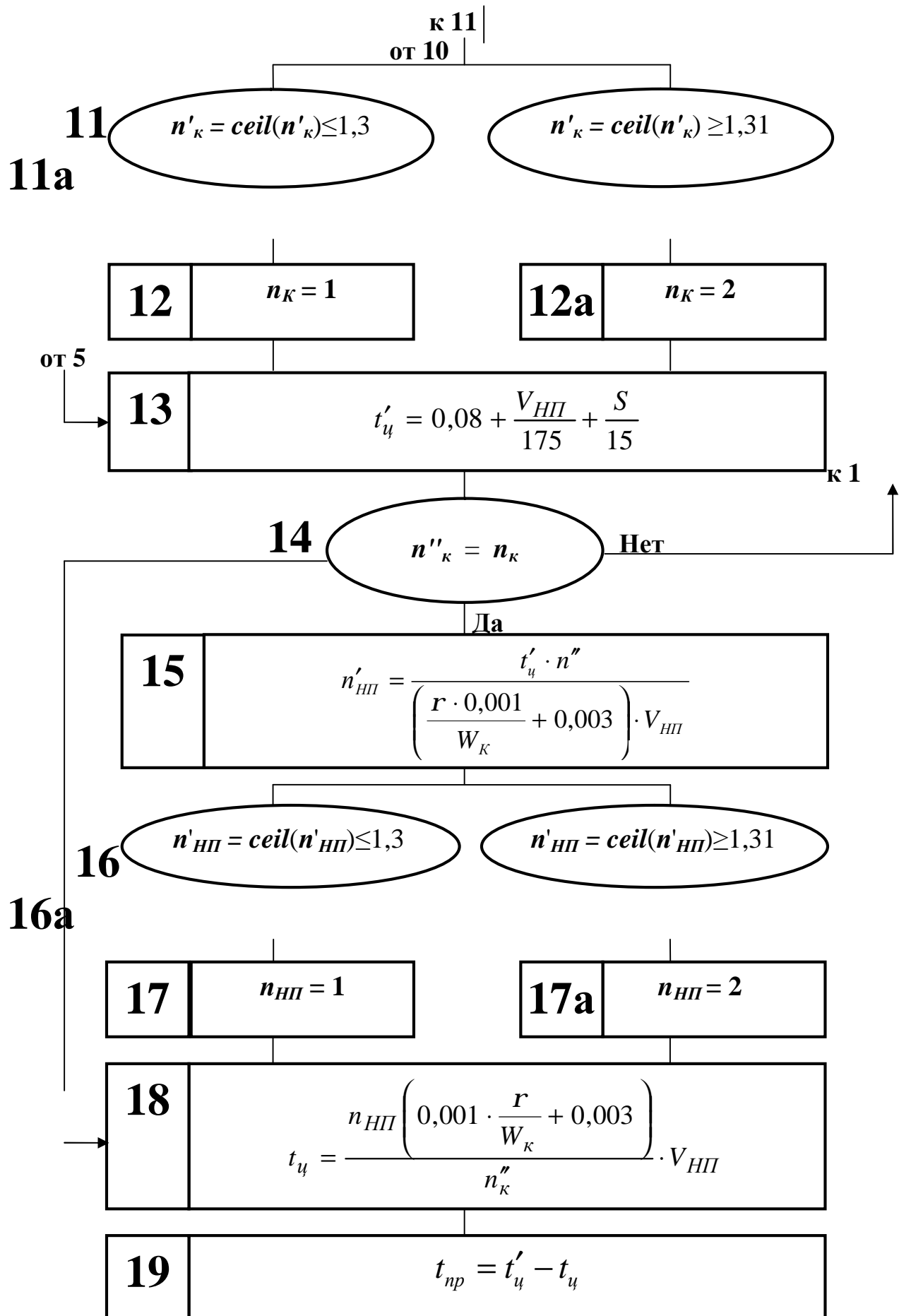
В варианте прямого комбайнирования с измельчением соломы изменится потребная мощность двигателя трактора N_{Tp}^e (оператор 30) по сравнению с очесом на корню. По данным профессора Э.В. Жалнина [2], на измельчитель требуется 3,6 кВт/кгс⁻¹. Тогда формула для расчета N_{Tp}^e примет вид:

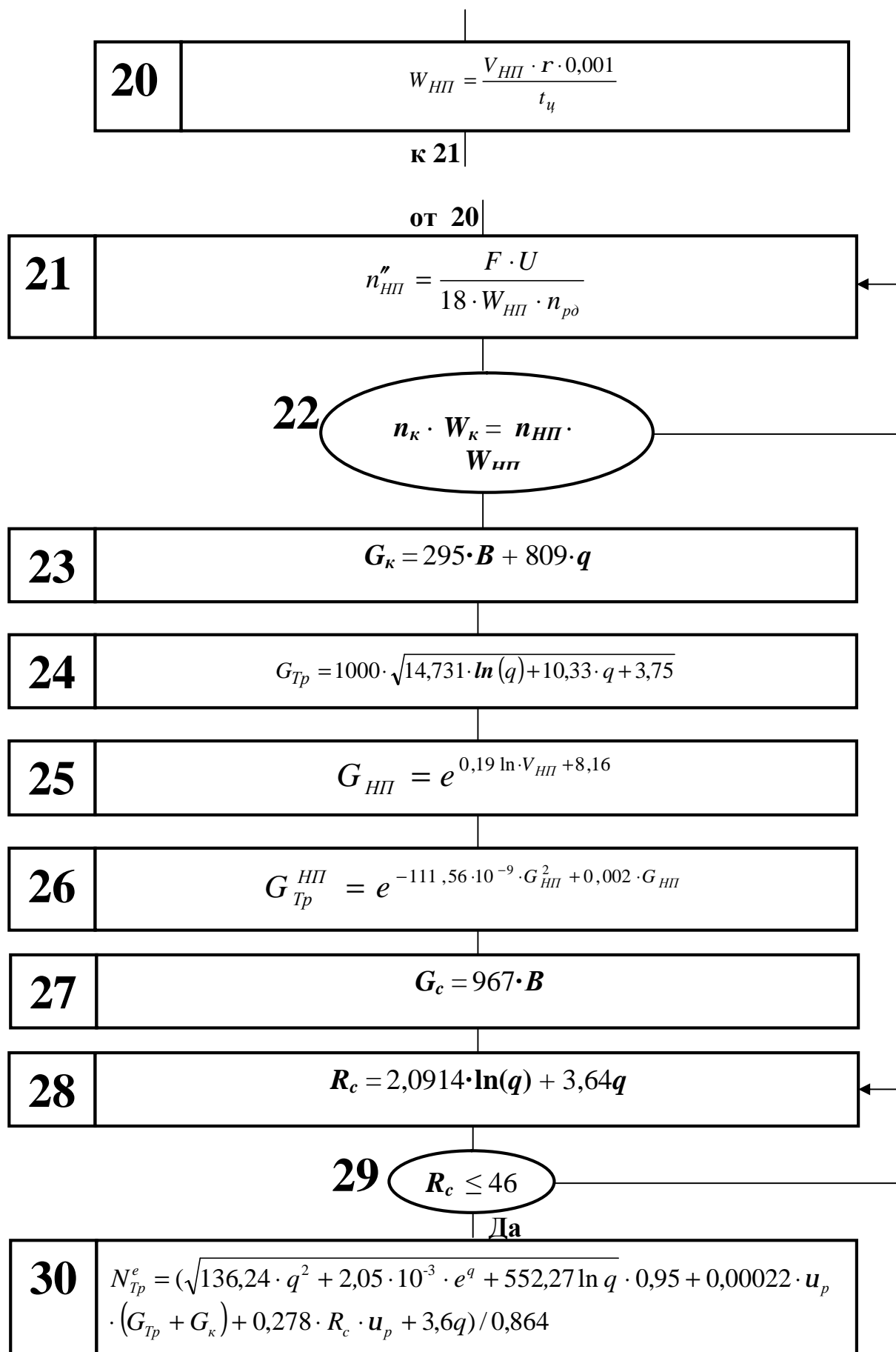
$$N_{Tp}^e = (\sqrt{136,24 \cdot q^2 + 2,05 \cdot 10^{-3} \cdot e^q + 552,27 \ln(q)} \cdot 0,95 + 0,00022 \cdot G_{Tp} \cdot u_p \cdot G_{Tp} \cdot u_p + 0,00022 \cdot G_k \cdot u_p + 0,278 \cdot R_c \cdot u_p + 3,6q) / 0,864, \quad (4)$$

где G_{Tp} – масса трактора, агрегирующего комбайн с прицепной сеялкой, кг.

Затраты совокупной энергии на выполнение стационарных работ (оператор 41) зависят от мощности электродвигателей разделительного сепаратора вороха, семеочистительных и сортировальных машин, площади посева F убираемых культур, урожайности и отношению массы мякины к массе зерна δ_m . В технологическую линию стационара включены также пневмопровод для транспортировки мякины на расстояние до 70 м, который формирует ее в курган высотой 10 м, а также новая универсальная семеочистительная воздушно-решетная машина ВИМ-12/25 для предварительной, основной и окончательной очистки семян до норм, предусмотренных ГОСТом на семена. Установленная мощность двигателей на этой машине – 18,5 кВт, масса – 1060 кг, производительность на очистке семян – 12 т/ч, продовольственного зерна – 25.







31	$N_{\text{HII}}^{Tp} = 0,1 \cdot e^{-3,1 \cdot 10^{-9} \cdot (G_{Tp}^{\text{HII}})^2} + 0,002 \cdot G_{Tp}^{\text{HII}}$
-----------	--

32	$E_f^{azp} = \frac{G_{Tp} + G_k + G_c + 0,5 \cdot r \cdot V_{\delta}}{4080(1 - d/100) \cdot B}$
-----------	---

к 32
от 33

33	$E_{xx}^{azp} = \frac{10,58 \cdot q}{W_k}$
-----------	--

34	$E_{\text{HII}} = \frac{48,7 \cdot q}{W_k} + 1,26 \left(\frac{n_k}{W_k} + \frac{n_{\text{HII}}}{W_{\text{HII}}} \right)$
-----------	---

35	$E'_{\text{MIIIA}} = \frac{0,056 \cdot (G_k + G_c) + 0,025 G_{Tp}}{W_k}$
-----------	--

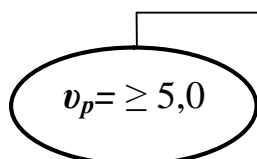
36	$E_{\text{HII}} = \frac{0,0253 \cdot G_{Tp}^{\text{HII}} + 0,33 G_{\text{HII}}}{W_{\text{HII}}}$
-----------	--

37	$E'_{\text{HII}} = \frac{3,34 \cdot (G_{Tp}^{\text{HII}} \cdot 0,001 + G_{\text{HII}} \cdot 0,001 + 0,5 \cdot V_{\text{HII}} \cdot r \cdot 0,001)}{0,001 \cdot r \cdot W_{\text{HII}}} \times$ $\times \frac{2S + 0,001 \cdot r \cdot V_{\text{HII}} / 350}{0,001 \cdot r \cdot V_{\text{HII}}}$
-----------	--

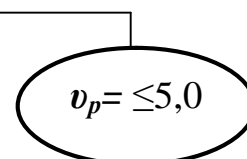
38	$E_{\text{noces}} = \left(\frac{122,1 + 0,57S}{W_k} \right)$
-----------	---

к 4

↑ к 4



39



↑

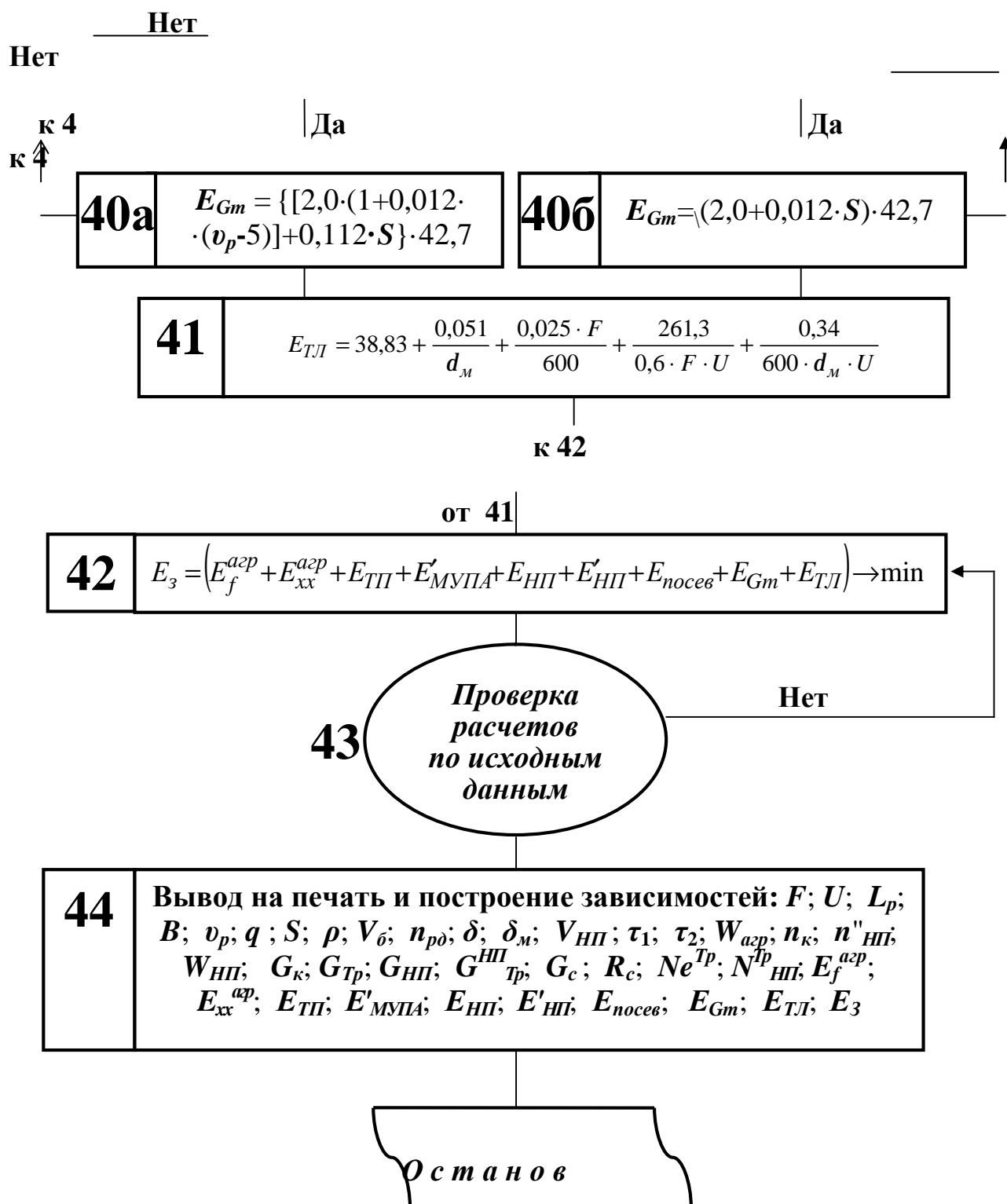


Рисунок – Блок-схема алгоритма

При разработке математической модели нашей задачи широко использовали метод аппроксимации [6]. Эта группа аппроксимационных задач объединена методами получения математических моделей объектов

исследования по экспериментальным данным в виде различных функциональных зависимостей-полиномов, степенных и логарифмических функций и др. Основным математическим аппаратом определения моделей является метод наименьших квадратов. Наибольшее распространение получили полиномы (обыкновенные, или ортогональные, Чебышева и Логгера). С помощью полученной математической модели описывается поведение объекта в области экспериментальных данных. Для решения аппроксимационных задач широко используются идеи и методы прикладной теории случайных функций [7–9].

В третьем арифметическом операторе (см. рисунок) нашей оптимизационной задачи использована степенная функция для расчета ширины B захвата уборочного агрегата:

$$B = e^{0,928 \cdot \ln q}, \quad (5)$$

где B – ширина захвата агрегата, м; q – пропускная способность молотилки комбайна, кг/с.

Аналогично методом аппроксимации получены также зависимости веса трактора G_{Tr} , агрегирующего комбайн с сеялкой прямого посева (оператор 24):

$$G_{Tr} = 1000 \cdot \sqrt{14,731 \cdot \ln(q) + 10,33 \cdot q + 3,75}, \quad (6)$$

веса накопителя-перегрузчика $G_{НП}$ (оператор 25) и трактора, который его агрегирует $G_{Tr}^{НП}$ (оператор 26).

$$G_{НП} = e^{0,19 \ln \cdot V_{НП} + 8,16}, \quad (7)$$

$$G_{Tr}^{НП} = e^{-111,56 \cdot 10^{-9} \cdot G_{НП}^2 + 0,002 \cdot G_{НП}}, \quad (8)$$

где $V_{НП}$ – вместимость кузова накопителя-перегрузчика зернового вороха, м³.

Предложенная математическая модель позволяет обосновать оптимальные параметры машин УТК для перспективной технологии уборки с применением прицепного многофункционального уборочного агрегата.

Список литературы

1. Гейдебрехт И.П. Канадская технология уборки сельскохозяйственных культур // Техника и оборудование для села. 2006. № 4.
2. Жалнин Э.В., Савченко А.Н. Технологии уборки зерновых комбайновыми агрегатами. – М.: Россельхозиздат, 1985.
3. Лаврухин А.А. Технология и комплекс машин для уборки зерновых колосовых культур с обработкой невяяного вороха на стационаре: Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Краснодар, 1985.
4. Леженкин А. Уборка зерновых методом очесывания // Сельский механизатор. 2004. 11.
5. Агросоюз Славянка, жатка двухбарабанная очесывающего типа // Рекламный проспект, 2011.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого жита. – М., 1979.
7. Айвазян С.А. Статистическое исследование зависимостей. (Применение методов корреляции и регрессионных анализов к обработке результатов эксперимента). – М.: «Металлургия», 1968.
8. Вознесенский В.А. Статистические решения в технологических задачах. – Кишинев: «Карте молдовеняскэ», 1969.
9. Хан Г, Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах; Пер. с англ. Е.Г. Коваленко / Под ред. В. Налимова. – М.: «Мир», 1969.