

УДК 631.17

UDC 631.17

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УБОРОЧНОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ПРИЦЕПНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

THE REASONS OF THE MULTIFUNCTIONAL HARVESTER'S OPTIMAL PARAMETERS ON THE BASIS OF A PULL-TYPE COMBINE HARVESTER

Палапин Алексей Витальевич
к.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Россия

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

Разработана математическая модель и блок-схема алгоритма оптимизации параметров и режимов работы многофункционального агрегата на базе прицепного зерноуборочного комбайна 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 a pull-type combine harvester on the straight combining with the winnowing of grain are developed

Ключевые слова: МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АГРЕГАТ, ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН, ПАРАМЕТРЫ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭНЕРГОЗАТРАТЫ

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

За рубежом, например, в Канаде, на уборке зерновых колосовых используются, наряду с самоходными, еще и прицепные зерноуборочные комбайны [1]. Хорошо известны преимущества и недостатки последних, но бесспорно, на наш взгляд, что на базе прицепных комбайнов легче синтезировать многофункциональные агрегаты, которые одновременно с уборкой урожая могут выполнять и другие сопутствующие работы уборочного комплекса, например, лущение стерни, прямой сев пожнивных культур, внесение минеральных удобрений и др.

Известны работы, в которых синтез уборочно-почвообрабатывающих агрегатов (УПА) реализован на базе энергонасыщенных полноприводных зерноуборочных комбайнов [2, 3]. Однако еще не до конца продумана динамика такого агрегата, которую легче решить прицепным зерноуборочным комбайном.

В рамках данной статьи нами сделана попытка разработать математическую модель и блок-схему алгоритма оптимизации параметров и режимов работы прицепного многофункционального уборочно-

посевного агрегата в составе уборочно-транспортного звена. Многофункциональный агрегат включает трактор, прицепной зерноуборочный комбайн и присоединенную к нему сеялку прямого посева пожнивных культур. В состав уборочно-транспортного звена входит также агрегат для транспортировки зерна от комбайна, включающий трактор и накопитель-перегрузчик, и агрегат, состоящий из трактора и прицепа М6350 для загрузки сеялок семенами и минеральными удобрениями.

В качестве критерия оптимизации разрабатываемой модели принят минимум совокупных затрат энергии на выполнение всех перечисленных работ уборочно-транспортного комплекса. Принятый критерий, в общем, известен [4], но пока еще не достаточно используется в решении прикладных задач.

Блок-схема алгоритма оптимизации параметров прицепного зерноуборочного комбайна в агрегате с зерновой сеялкой прямого посева представлена на рисунке. Она включает 44 оператора, из которых 8 логических. Целевая функция предложена в 42 арифметическом операторе.

В 4-ом операторе по сравнению с агрегатом для невейки необходимо уточнить формулу рабочей скорости движения агрегата, которая составит:

$$u_p = \frac{36 \cdot q \cdot K_{II}}{0,95 \cdot B \cdot U} = \frac{36 \cdot q \cdot 0,53}{0,95 \cdot B \cdot U} = \frac{20,2 \cdot q}{B \cdot U}, \quad (1)$$

где: q – пропускная способность молотилки комбайна, кг/с;

K_{II} – коэффициент снижения пропускной способности молотилки по сравнению с очесок на корню;

B – ширина захвата жатки, м;

U – урожайность зерна, т/га.

Масса комбайна в отличие от очесывающего варианта будет повышена за счет массы измельчителя соломы, который не используется

при очесе, плюс масса очистки зерна. Тогда дополнительно к слагаемым оператора 23 необходимо добавить массу измельчителя и очистки зерна:

$$G_k = 295 \cdot B + 700 \cdot q + 300 \cdot q = 295 \cdot B + 1000 \cdot q. \quad (2)$$

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

Изменится в варианте прямого комбайнирования с измельчением соломы потребная мощность двигателя трактора N_{Tp}^e (оператор 30) по сравнению с очесом на корню. По данным профессора Жалнина Э.В. [2] на измельчитель требуется $3,6 \text{ кВт/кгс}^{-1}$ и столько же на очистку зерна. Тогда формула для расчета N_{Tp}^e примет вид:

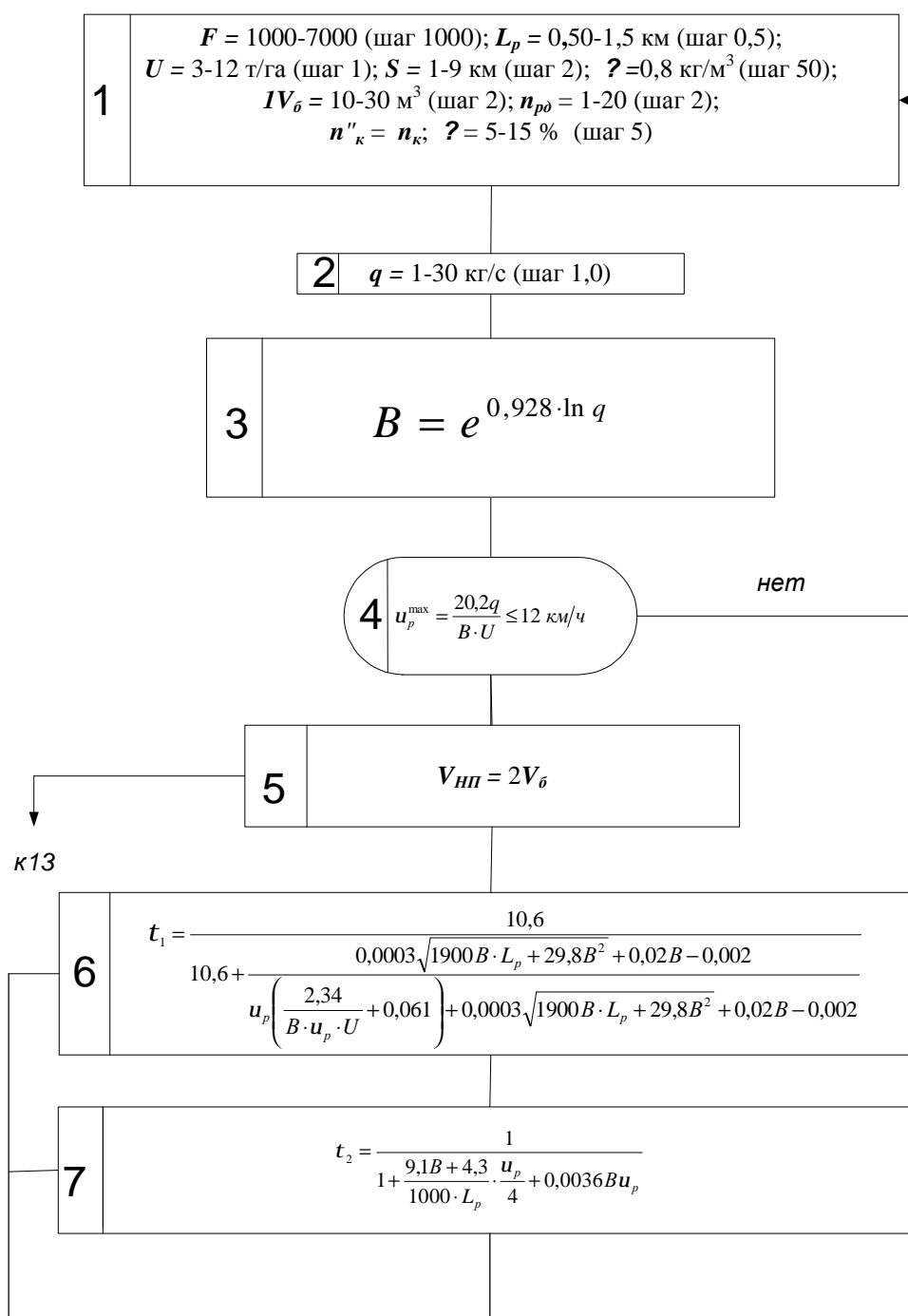
$$N_{Tp}^e = (\sqrt{136,24 \cdot q^2 + 2,05 \cdot 10^{-3} \cdot e^q + 552,27 \ln(q)} \cdot 0,95 + 0,00022 \cdot G_{Tp} \cdot u_p + 0,00022 \cdot G_k \cdot u_p + 0,278 \cdot R_c \cdot u_p + 7,2q) / 0,864, \quad (3)$$

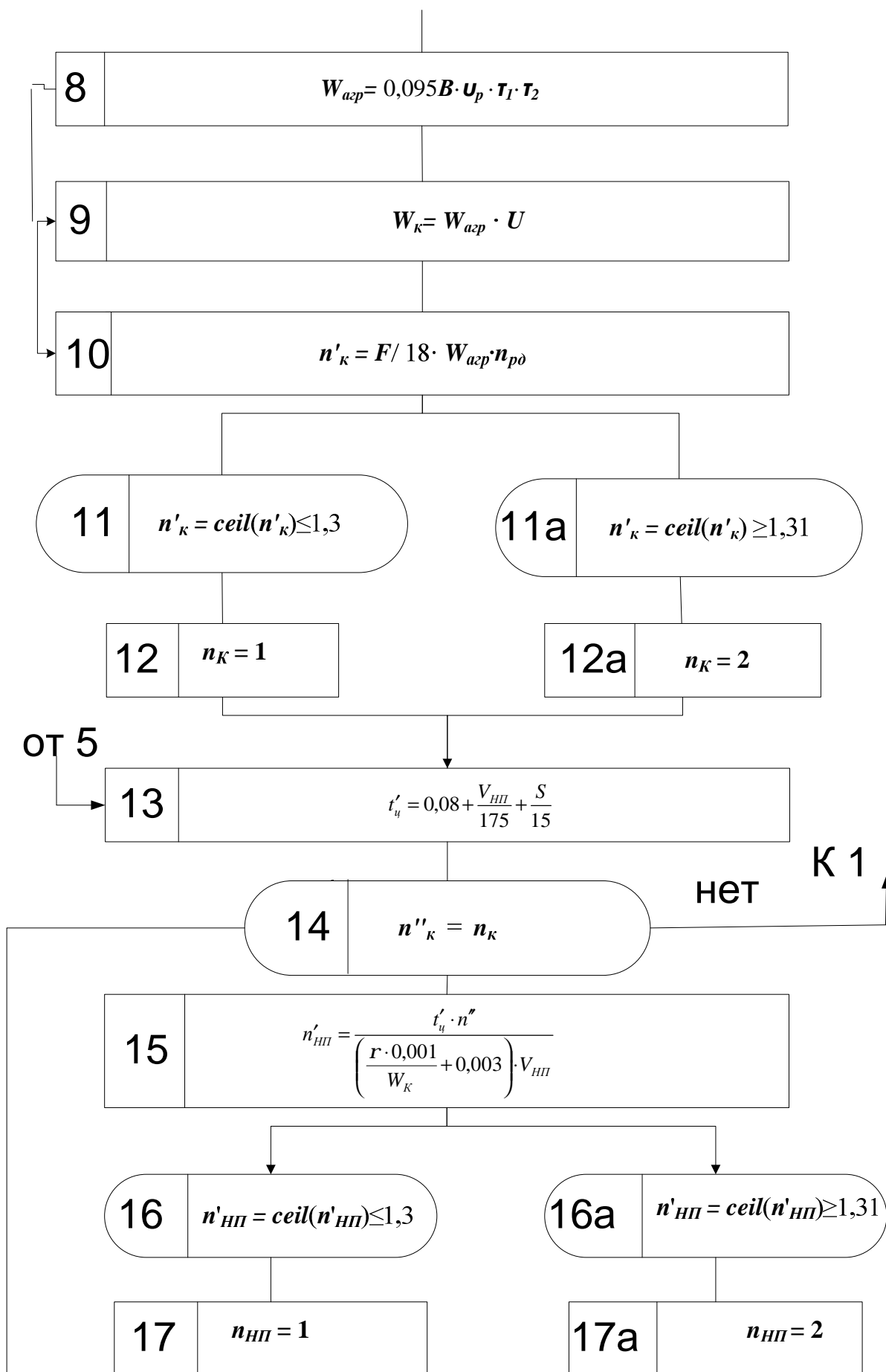
где G_{Tp} – масса трактора, агрегирующего комбайн с прицепной сеялкой, кг.

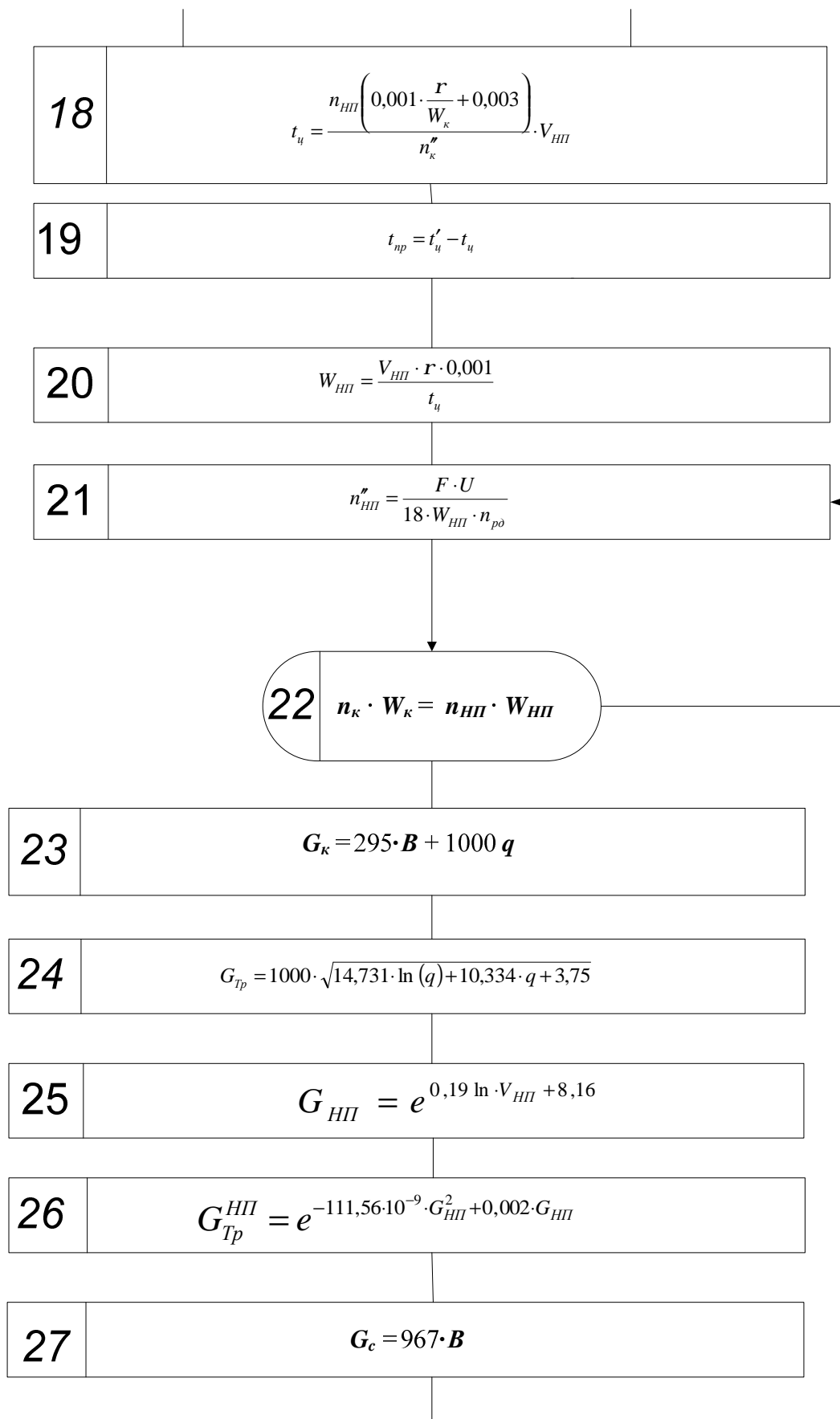
Затраты совокупной энергии на выполнение стационарных работ (оператор 41) зависят от мощности электродвигателей разделительного сепаратора вороха, семеочистительных и сортировальных машин, площади посева F убираемых культур, урожайности и отношения массы мякины к массе зерна δ_m . В технологическую линию стационара включен 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

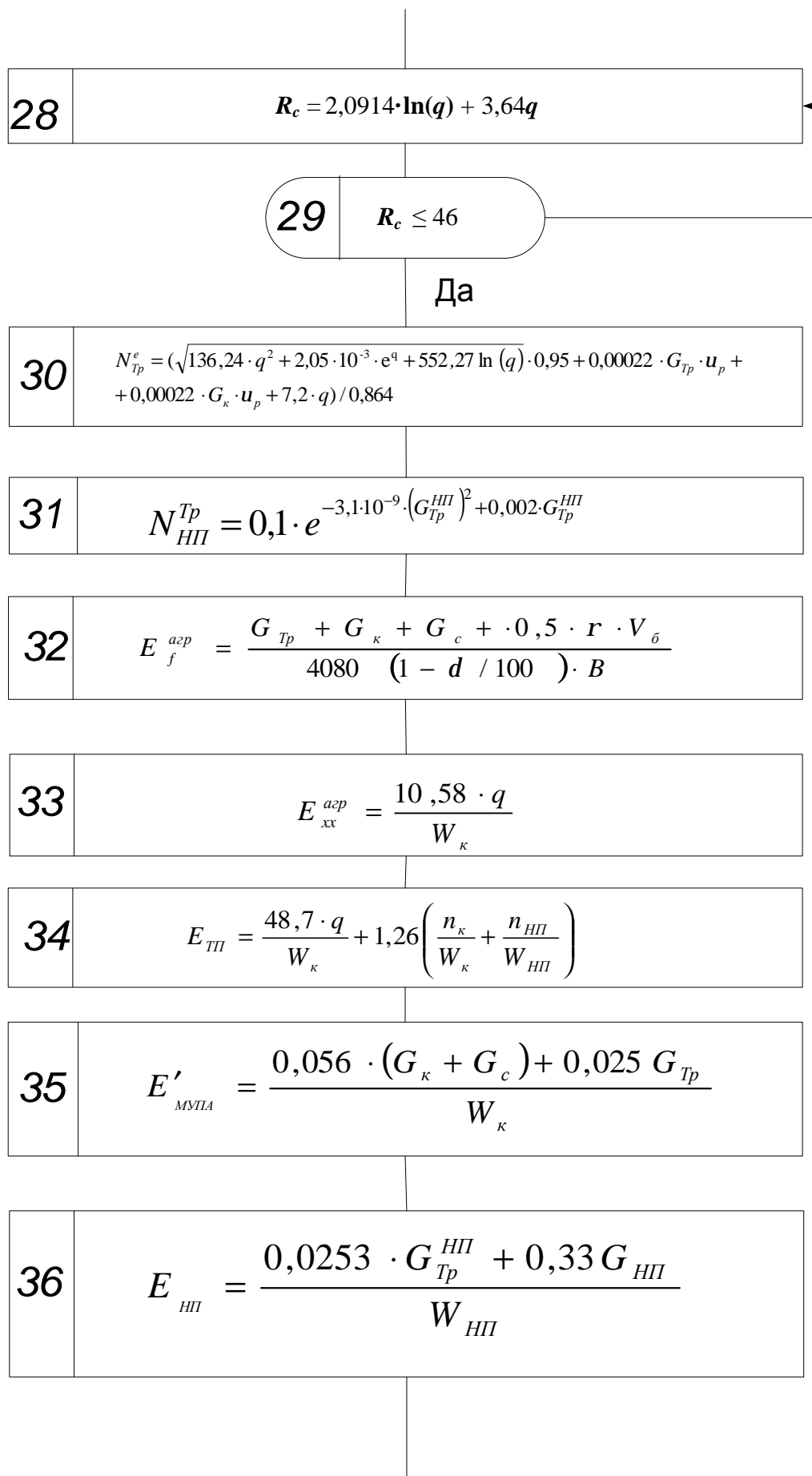
двигателей на этой машине 18,5 кВт, масса 1060 кг, производительность на очистке семян – 12 т/ч, продовольственного зерна – 25.

Новым в нашей блок-схеме (см. рисунок) является использование встроенной функции и ключевых слов Math CAD [5], которые применяются для округления дробных значений чисел в целые (операторы 11; 16 см. рисунок), где слово *ciel* (x) – наименьшее целое, не превышающее x .









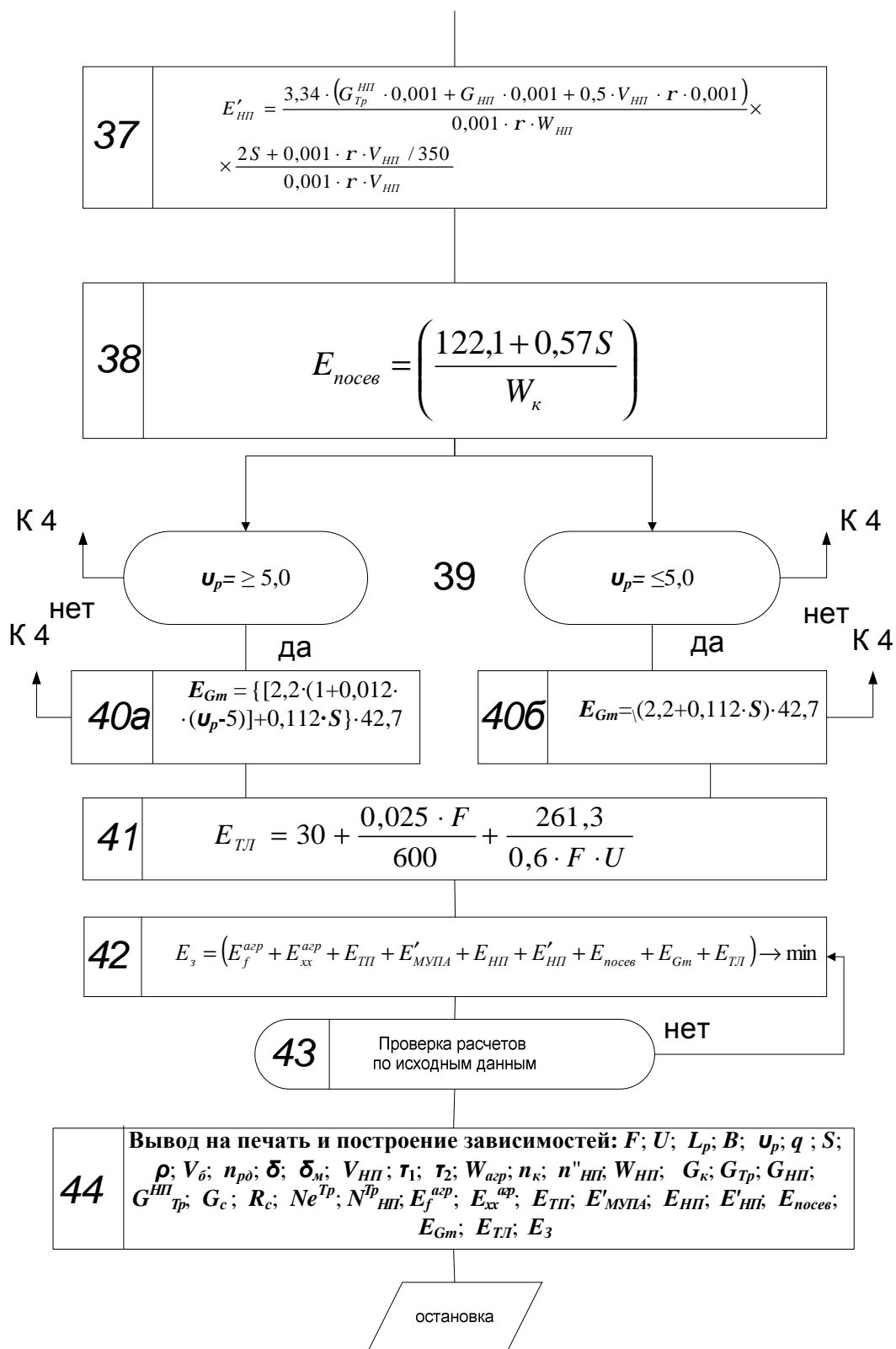


Рисунок – Блок-схема алгоритма

При разработке математической модели (рисунок 1) необходимо было методом аппроксимации получить следующие зависимости (таблица): $G_{Tp} = f(q)$ – масса трактора, агрегирующего зерноуборочный комбайн с прицепной сеялкой прямого посева (оператор 24); $G_{НП} = f(V_{НП})$ – масса накопителя-перегрузчика невеяного вороха в функции вместимости $V_{НП}$ прицепа-накопителя (оператор 25) $G_{Tp}^{НП} = f(G_{НП})$ – масса $G_{Tp}^{НП}$ трактора, агрегирующего накопитель-перегрузчик вороха в функции веса $G_{НП}$ самого накопителя-перегрузчика (оператор 26); $R_c = f(q)$ – тяговое сопротивление R_c сеялки прямого посева в функции пропускной способности q молотилки комбайна (оператор 28); $N_k^e = f(q)$, необходимой мощности на агрегирование и рабочий процесс зерноуборочного комбайна в функции пропускной способности q для его молотилки; $B = f(q)$ – ширина захвата жатки комбайна в функции его пропускной способности q (оператор 3 рисунок 1).

Таблица – Аппроксимированные зависимости параметров многофункционального уборочно-посевного агрегата, используемые при разработке математической модели

Наименование функции	Полученная зависимость	Критерий Кохрена	
		расчетный	табличный
1 Масса трактора, агрегирующего комбайн с сеялкой прямого посева, кг	$G_{Tp} = 1000 \cdot \sqrt{14,731 \cdot \ln(q) + 10,334 \cdot q + 3,75}$	0,779	0,801
2 Масса прицепа-накопителя, кг	$G_{НП} = e^{0,19 \ln V_{НП} + 8,16}$		
3 Масса трактора, агрегирующего накопитель-перегрузчик, кг	$G_{Tp}^{НП} = e^{-111,56 \cdot 10^{-9} \cdot G_{НП}^2 + 0,002 \cdot G_{НП}}$		
4 Тяговое сопротивление сеялки прямого посева, кН	$R_c = 2,1 \cdot \ln q$	0,234	0,801
5 Необходимая мощность на агрегирование и рабочий процесс комбайна, кВт	$N_k^e = \sqrt{136,24 \cdot q^2} = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot e^q + 552,275 \ln q$	0,343	0,80
6 Ширина захвата жатки, м	$B = e^{0,928 \cdot \ln q}$	0,563	0,801

Все полученные аппроксимированные зависимости представлены в таблице и были использованы при построении математической модели обоснования оптимальных параметров многофункционального уборочного агрегата на базе прицепного зерноуборочного комбайна. Все зависимости были проверены на адекватность моделей по критерию Кохрена. Для примера приведем зависимость $N_e^k = f(q)$, на рисунке 2.

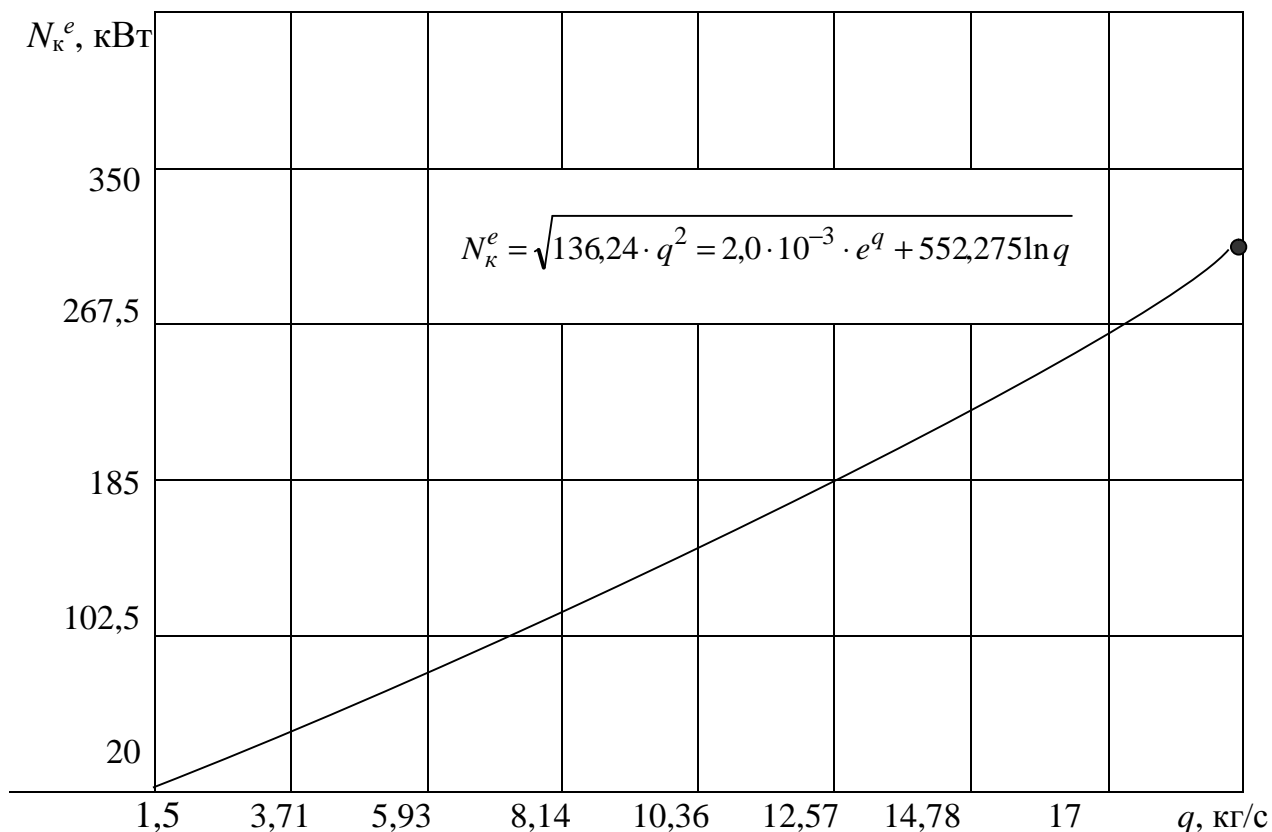


Рисунок 2 – Зависимость потребной мощности двигателя для работы прицепного комбайна от q

Полученная математическая модель адекватно описывает процесс: расчетное значение критерия Кохрена $G_p = 0,343$ не превышает его табличное значение $G_t = 0,801$. Также были проверены и другие зависимости.

Список литературы

1. Гейдебрехт И.П. Канадская технология уборки сельскохозяйственных культур/Техника и оборудование для села, № 4, 2006.
2. Липкович Э.И. и др. Инженерно-техническая служба – основа устойчивости функционирования технического оснащения АПК/Тракторы и сельхозмашины, № 8, 2011.
3. Абаев В.В. и др. Энергетическая эффективность технологии уборки зерновых культур с применением уборочно-почвообрабатывающего агрегата/Труды КубГАУ, Вып. 4(31), 2011. – С. 235-238.
4. Кленин Н.И., Золотов А.А. Расчет уборочно-транспортного комплекса/Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы. – М.: МГАУ, 2003.
5. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. Math CAD 7,0 в математике, физике и в Internet. – М.: Изд-во «Нолидж», 1999. – С. 321.
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 с технологических задачах. – Кишинев: «Карте молдовеняскэ», 1969.
9. Хан Г, Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. – Пер. с англ. Е.Г. Коваленко