

2. **Bayburin Eduard Ramilevitch**, Candidate of Technical Science, Assistant Professor at the Chair of electricity and the use of electric energy in agriculture, Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education Bashkir State Agrarian University, Ufa, 50-letiya Ootyabrya str., 34.

3. **Aslayev Rustem Halilovitch**, Assistant of electricity and the use of electric energy in agriculture Chair, Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education Bashkir State Agrarian University, Ufa, 50-letiya Ootyabrya str., 34. Phone: 8-937-4713382, e-mail: rustemogrenci@mail.ru.

In order to improve the reliability of rural electric networks 10-35 kV authors propose a method of diagnosing power transmission line

(PTL) based on its model in emergency mode, followed by rapid and accurate determination of the injury site for single-phase earth fault.

© Андрианова Л.П., Байбурин Э.Р., Аслаев Р.Х.

УДК 631.3.06.004

Р.М. Баширов, О.С. Данилов

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ (МТА) ПО ВИДАМ РАБОТ С МИНИМИЗАЦИЕЙ ПРЯМЫХ ЗАТРАТ И СТОИМОСТИ ТЕРЯЕМОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ-ЗА УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ

**Ключевые слова:** *распределение машинно-тракторных агрегатов; экономико-математическая модель; прямые затраты; уплотнение почвы; потери урожая.*

При распределении машинно-тракторных агрегатов (МТА) в качестве критерия оптимальности обычно принимается минимум прямых затрат на выполнение операций [1]. Однако при этом не учитывается влияние состава МТА на степень уплотнения почвы и, следовательно, величину стоимости теряемой продукции.

С учетом вышесказанного, распределение МТА по видам работ целесообразно производить с минимизацией суммы прямых затрат и стоимости теряемой продукции из-за уплотнения почвы:

$$C = \sum_{t=1}^{\tau} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^z \frac{(C_{ij} + \Pi_{yij}) T_t W_{ij} X_{ijt}}{D_t} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $T_t$  – продолжительность  $t$ -го периода, дни;

$W_{ij}$  и  $C_{ij}$  – соответственно дневная производительность (в га или т) и прямые затраты (руб/га или руб/т) при выполнении  $j$ -й операции агрегатом с трактором  $i$ -й марки (в дальнейшем  $i$ -м агрегатом);

$X_{ijt}$  – искомое число агрегатов  $i$ -го типа, выполняющих  $j$ -ю операцию в  $t$ -м расчетном периоде, ед.

$\Pi_{yij}$  – стоимость теряемой  $y$ -й продукции из-за уплотнения почвы движителями  $i$ -го агрегата на  $j$ -й операции, руб/га.

$D_t$  – возможная доля выполнения операций в  $t$ -м периоде имеющимся парком.

Модель задачи включает следующие ограничения:

– требование выполнения одинаковой доли  $D_t$  всех операций в периодах:

$$\sum_{i=1}^n T_t W_{ij} X_{ijt} = D_t V_{jt}, \quad (2)$$

– условие равенства числа используемых тракторов их количеству  $N_i$  в парке:

$$\sum_{j=1}^z X_{ijt} = N_i, \quad (3)$$

– условие не превышения числа используемых сельхозмашин и сцепок их количества в парке:

$$\sum_{j=1}^z \sum_{i=1}^n X_{ijt} b_{kij} \leq N_k, \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^z X_{ijt\mu} \leq N_{\mu}, \quad (4)$$

где  $V_{jt}$  – объем  $j$ -й операции (в га или т) в  $t$ -м периоде;

$N_k$  и  $N_\mu$  – соответственно имеющееся количество сельхозмашин  $k$ -й и сцепок  $\mu$ -й марок в парке;

$b_{kij}$  – количество сельскохозяйственных машин-орудий  $k$ -й марки в составе  $i$ -го агрегата при выполнении  $j$ -й операции.

$X_{ij\mu}$  – число агрегатов  $i$ -го типа на  $j$ -операции в  $t$ -м периоде, содержащих сцепку марки  $\mu$ .

Методику распределения МТА по видам работ с использованием целевой функ-

ции (1) проиллюстрируем на примере СПК «Дружба» Аургазинского района Республики Башкортостан.

С использованием технологических карт возделывания культур был составлен сводный календарный график (часть его для наиболее напряженных 4...8 периодов представлена в таблице 1) выполнения тракторных работ на весенний период в условиях этого хозяйства.

Для выполнения приведенных в таблице 1 операций был составлен многовариантный список машинно-тракторных агрегатов (таблица 2).

Таблица 1 Выписка из сводного календарного графика тракторных работ

| Операция                                      | Объем работ по периодам |        |        |        |         | Общий объем работ |
|---|-------------------------|--------|--------|--------|---------|-------------------|
|   | 4                       | 5      | 6      | 7      | 8       |                   |
|   | 1 день                  | 2 дня  | 1 день | 2 дня  | 4 дня   |                   |
| Внесение минеральных удобрений (0,1 т/га), га | 0                       | 164,3  | 82,2   | 164,3  | 328,7   | 739,5             |
| Перепахка пара (20-22см), га                  | 0                       | 164,3  | 82,2   | 164,3  | 328,7   | 739,5             |
| Культивация(8-10 см), га                      | 0                       | 0      | 56     | 112    | 0       | 168               |
| Культивация(6-8 см), га                       | 368                     | 736    | 368    | 736    | 1472    | 3680              |
| Погрузка минеральных удобрений, т             | 18,4                    | 52,2   | 26,6   | 53,3   | 112,5   | 264,05            |
| Погрузка органических удобрений, т            | 3286,7                  | 6573,3 | 3286,7 | 6573,3 | 13146,7 | 32866,7           |
| Перевозка семян, т                            | 80,96                   | 161,9  | 90,4   | 206,8  | 404,9   | 945,02            |
| Посев (6...8 см), га                          | 368                     | 736    | 368    | 736    | 1472    | 3680              |
| Прикатывание, га                              | 368                     | 736    | 368    | 736    | 1472    | 3680              |
| Транспортировка минеральных удобрений, т      | 18,4                    | 36,8   | 18,4   | 36,8   | 79,6    | 190               |
| Разбрасывание органических удобрений, т       | 3286,7                  | 6573,3 | 3286,7 | 6573,3 | 13146,7 | 32866,7           |

При этом нормы выработки и расхода топлива взяты из справочников типовых норм [2] (хозяйство относится ко второй и пятой группам норм соответственно на непашотных и пашотных работах).

Прямые эксплуатационные затраты на выполнение операций рассчитаны по общепринятой методике [3].

Недобор урожая от уплотнения почвы движителями тракторов определяли по методике, изложенной в [4]. Потери урожая  $\Delta Y$  (т/га) в зависимости от сложения как пашотных, так и подпашотных ее слоев, вычисляются по формуле:

$$\Delta Y = Y_{\max} [(C_n | \rho_n - \rho_{opt} | \cdot K_n)^n + (C_{nn} | \rho_{nn} - \rho_{opt} | \cdot K_{nn})^n], \quad (5)$$

где  $Y_{\max}$  – максимальный урожай, получаемый при  $\rho_n = \rho_{nn} = \rho_{opt}$ ;

$\rho_n, \rho_{nn}$  – плотность почвы в г/см<sup>3</sup> в пашотном (0-20 см) и подпашотном (20-40 см) слоях, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{opt}$  – значение оптимальной плотности почвы, г/см<sup>3</sup>;

$C_n$  и  $C_{nn}$  – коэффициенты, см<sup>3</sup>/г;

$n$  – показатель степени.

$K_n, K_{nn}$  – коэффициенты восстановления плотности почвы в пашотном и подпашотном слоях:

Из выражения (5) коэффициент потерь урожая  $K$  на уплотненных участках поля составит:

$$K = \frac{\Delta Y}{Y_{\max}} = [(C_n | \rho_n - \rho_{opt} | \cdot K_n)^n + (C_{nn} | \rho_{nn} - \rho_{opt} | \cdot K_{nn})^n]. \quad (6)$$

Значения коэффициентов  $C_n$  и  $C_{nn}$ , оптимальных плотностей  $\rho_{opt}$  и показателя степени  $n$  для тяжелосуглинистых черноземов приняты из [4], [5] (таблица 3).

Для определения плотности почвы после воздействия движителей тракторов воспользуемся данными [6].

Таблица 2 Многовариантный состав МТА

| Наименование операций и состав агрегата              | Норма выработки агрегата за 10ч смену, га, т | Прямые затраты, руб/га, руб/т | Стоимость теряемой продукции, руб/га |             | Присвоенный агрегату шифр в периодах |                 |                  |                  |                  |
|--|--|-------------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|  |  |                               | 4, 5, 6 периоды                      | 7,8 периоды | 4                                    | 5               | 6                | 7                | 8                |
| <b>Погрузка органических удобрений, т</b>            |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| T-150K+TO-26   | 435,7  | 14,24                         |                                      |             | X <sub>1</sub>                       | X <sub>45</sub> | X <sub>100</sub> | X <sub>161</sub> | X <sub>222</sub> |
| MT3-80+ПФП-0,5                                       | 184,3  | 23,6                          |                                      |             | X <sub>2</sub>                       | X <sub>46</sub> | X <sub>101</sub> | X <sub>162</sub> | X <sub>223</sub> |
| ЮМЗ-6АЛ+ПФП-0,5                                      | 184,3  | 26,7                          |                                      |             | X <sub>3</sub>                       | X <sub>47</sub> | X <sub>102</sub> | X <sub>163</sub> | X <sub>224</sub> |
| ДТ-75М+ПБ-35   | 181,4  | 20,94                         |                                      |             | X <sub>4</sub>                       | X <sub>48</sub> | X <sub>103</sub> | X <sub>164</sub> | X <sub>225</sub> |
| T-4А+ПН-4  | 271,4  | 18,6                          |                                      |             | X <sub>5</sub>                       | X <sub>49</sub> | X <sub>104</sub> | X <sub>165</sub> | X <sub>226</sub> |
| <b>Разбрасывание органических удобрений, т</b>       |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+ПРТ-16   | 192,9  | 55,52                         | 454,43                               | 454,43      | X <sub>6</sub>                       | X <sub>50</sub> | X <sub>105</sub> | X <sub>166</sub> | X <sub>227</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| ЮМЗ-6АЛ+РОУ-6  | 174,3  | 21,61                         | 231,17                               | 231,17      | X <sub>9</sub>                       | X <sub>53</sub> | X <sub>108</sub> | X <sub>169</sub> | X <sub>230</sub> |
| <b>Погрузка минеральных удобрений, т</b>             |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| T-150K+ TO-25  | 435,7  | 14,24                         |                                      |             | X <sub>10</sub>                      | X <sub>54</sub> | X <sub>109</sub> | X <sub>170</sub> | X <sub>231</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| T-25+ ПМГ-0,2  | 145,7  | 14,04                         |                                      |             | X <sub>15</sub>                      | X <sub>59</sub> | X <sub>114</sub> | X <sub>175</sub> | X <sub>236</sub> |
| <b>Внесение минеральных удобрений (0,1 т/га), га</b> |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+РУМ-16   | 126,1  | 114,31                        | 284,02                               | 284,02      |                                      | X <sub>60</sub> | X <sub>115</sub> | X <sub>176</sub> | X <sub>237</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| T-25+НРУ-0,5   | 41,6   | 55                            | 9,41                                 | 9,41        |                                      | X <sub>64</sub> | X <sub>119</sub> | X <sub>180</sub> | X <sub>241</sub> |
| <b>Перепахка пара (20-22см),га</b>                   |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+ПТК-9-35                                       | 19   | 839,89                        | 433,13                               | 433,13      |                                      | X <sub>65</sub> | X <sub>120</sub> | X <sub>181</sub> | X <sub>242</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| ЮМЗ-6АЛ+ПН-3-35                                      | 5,7  | 777,17                        | 554,61                               | 554,61      |                                      | X <sub>70</sub> | X <sub>125</sub> | X <sub>186</sub> | X <sub>247</sub> |
| <b>Культивация(6-8 см), га</b>                       |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+СП-16+4*КПС-4                                  | 90   | 193,93                        | 298,27                               | 446,34      | X <sub>16</sub>                      | X <sub>71</sub> | X <sub>126</sub> | X <sub>187</sub> | X <sub>248</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| MT3-1221+СП-11+2*КПС-4                               | 57,9   | 163,66                        | 307,98                               | 460,81      | X <sub>22</sub>                      | X <sub>77</sub> | X <sub>132</sub> | X <sub>193</sub> | X <sub>254</sub> |
| <b>Подвоз семян, т</b>                               |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+ 1ПТС-9Б                                       | 82,7   | 104,96                        |                                      |             | X <sub>23</sub>                      | X <sub>78</sub> | X <sub>133</sub> | X <sub>194</sub> | X <sub>255</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| T-25+ 1ПТС-2   | 8,9  | 232,25                        |                                      |             | X <sub>27</sub>                      | X <sub>82</sub> | X <sub>137</sub> | X <sub>198</sub> | X <sub>259</sub> |
| <b>Транспортировка минеральных удобрений, т</b>      |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+1ПТС-9Б  | 82,7   | 104,96                        |                                      |             | X <sub>28</sub>                      | X <sub>83</sub> | X <sub>138</sub> | X <sub>199</sub> | X <sub>260</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| T-25+1ПТС-2  | 8,9  | 232,25                        |                                      |             | X <sub>32</sub>                      | X <sub>87</sub> | X <sub>142</sub> | X <sub>203</sub> | X <sub>264</sub> |
| <b>Посев (6...8 см), га</b>                          |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+СГ-21+5*СЗ-3,6                                 | 81,4   | 253,72                        | 265,13                               | 396,74      | X <sub>33</sub>                      | X <sub>88</sub> | X <sub>143</sub> | X <sub>204</sub> | X <sub>265</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| MT3-1221+СП-11+3*СЗ-3,6                              | 55   | 236,84                        | 228,13                               | 341,34      | X <sub>39</sub>                      | X <sub>94</sub> | X <sub>149</sub> | X <sub>210</sub> | X <sub>271</sub> |
| <b>Прикатывание, га</b>                              |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| T-150K+5*ЗКК-6А                                      | 147,1  | 75,73                         | 111,87                               | 167,39      | X <sub>40</sub>                      | X <sub>95</sub> | X <sub>150</sub> | X <sub>211</sub> | X <sub>272</sub> |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| MT3-1221+СП-11+5*ЗКК-6А                              | 118,6  | 85,79                         | 82,13                                | 122,88      | X <sub>44</sub>                      | X <sub>99</sub> | X <sub>154</sub> | X <sub>215</sub> | X <sub>276</sub> |
| <b>Культивация(8-10 см), га</b>                      |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| K-701+СП-16+ 4 *КПС-4                                | 94,3   | 182,14                        | 7,38                                 | 7,38        |                                      |                 | X <sub>155</sub> | X <sub>216</sub> |                  |
| .....  |  |                               |                                      |             |                                      |                 |                  |                  |                  |
| ЮМЗ-6АЛ+ КПС-4                                       | 27,1   | 176,29                        | 4,82                                 | 4,82        |                                      |                 | X <sub>160</sub> | X <sub>221</sub> |                  |

Используя программу STATISTICA, аппроксимируем изменение плотности почвы

в зависимости от удельного давления  $p$  и влажности  $W$  поверхностями 2-го порядка:

– при начальной плотности  $\rho_0=1,15 \text{ г/см}^3$ :

$$\rho_n = 1,693 - 0,0017 \cdot p - 0,0351 \cdot W + 2,1302 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 + 8,2191 \cdot 10^{-5} \cdot p \cdot W + 0,0006 \cdot W^2, \quad (7)$$

– при начальной плотности  $\rho_0=1,25 \text{ г/см}^3$ :

$$\rho_{nn} = 1,5316 - 0,0007 \cdot p - 0,0245 \cdot W - 1,0552 \cdot 10^{-6} \cdot p^2 + 6,1162 \cdot 10^{-5} \cdot p \cdot W + 0,0004 \cdot W^2, \quad (8)$$

Таблица 3 Показатели для расчета потерь урожая

| Культура        | Значение оптимальной плотности почвы $\rho_{opt}$ , г/см <sup>3</sup> |                   | Коэффициент $C_{П}$ | Коэффициент $C_{ПП}$ | Показатель степени $n$ |
|-----------------|---|-------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
|                 | интервал  | принятое значение |                     |                      |                        |
| Пшеница         | 1,05-1,2  | 1,1               | 1,958               | 1,365                | 1,850                  |
| Сахарная свекла | 1,1-1,2   | 1,15              | 1,485*              | 0,925*               | 1,610*                 |
| Ячмень          | 1,1-1,2   | 1,15              | 2,334               | 1,621                | 1,861                  |
| Озимая рожь     | 1,2-1,3   | 1,25              | 1,958               | 1,365                | 1,861                  |
| Кукуруза        | 1,2-1,3   | 1,25              | 1,485*              | 0,925*               | 1,610*                 |

\* Приняты (в связи с отсутствием данных) как для картофеля [7].

Рассчитаем потери урожая от уплотнения почвы на предпосевной культивации (с одновременным боронованием) на глубину 6-8 см под ячмень агрегатом, составленным из трактора Т-150К, сцепки СП-11 и трех культиваторов КПС-4 в условиях СПК «Дружба» Аургазинского района. В расчетах принимаем следующие данные:

- удельное давление на почву движителями трактора:  $p=203$  кПа [7];
- ширина захвата агрегата:  $B=12$  м;
- ширина следа движителя трактора:  $b=0,55$  м;
- влажность почвы  $W=25\%$ ;

Плотность почвы в результате уплотнения движителями трактора<sup>1</sup> определим из выражений (7) и (8):

$$\rho_n = 1,693 - 0,0017 \cdot 215 - 0,0351 \cdot 25 + 2,1302 \cdot 10^{-7} \cdot 203^2 + 8,2191 \cdot 10^{-5} \cdot 203 \cdot 25 + 0,0006 \cdot 25^2 = 1,28 \text{ г/см}^3;$$

$$\rho_{nn} = 1,5316 - 0,0007 \cdot 203 - 0,0245 \cdot 25 - 1,0552 \cdot 10^{-6} \cdot 203^2 + 6,1162 \cdot 10^{-5} \cdot 203 \cdot 25 + 0,0004 \cdot 25^2 = 1,30 \text{ г/см}^3.$$

$$C = \frac{5583,93 \cdot X_1 + 3914,53 \cdot X_2 + 4428,73 \cdot X_3 + \dots + 17923,44 \cdot X_{44}}{X_{277}} + \frac{11167,86 \cdot X_{45} + 7829,06 \cdot X_{46} + 8857,46 \cdot X_{47} + \dots + 35846,87 \cdot X_{99}}{X_{278}} + \frac{5583,93 \cdot X_{100} + 3914,53 \cdot X_{101} + 4428,73 \cdot X_{102} + \dots + 4417,27 \cdot X_{160}}{X_{279}} + \frac{11167,86 \cdot X_{161} + 7829,06 \cdot X_{162} + 8857,46 \cdot X_{163} + \dots + 8834,53 \cdot X_{221}}{X_{280}} + \frac{22335,72 \cdot X_{222} + 15658,13 \cdot X_{223} + 17714,92 \cdot X_{224} + \dots + 89094,97 \cdot X_{276}}{X_{281}} \rightarrow \min \quad (9)$$

<sup>1</sup>Потери от уплотнения почвы колесами сельскохозяйственных машин в связи недостаточностью данных не определялись.

В последнем выражении коэффициентами при неизвестных являются суммарные затраты на работу агрегатов за период. Они получены умножением суммарных затрат на единицу работы (таблица 2) на выработку агрегата за период. Последняя, в свою очередь, находится умножением сменной производительности агрегата (таблица 2) на количество дней в периоде (таблица 1) и поправочный коэффициент 0,9, учитывающий снижение выработки агрегатов из-за неблагоприятных метеоусловий, нахождения части тракторов на плановом техобслуживании или простоя вследствие технической неисправности и т.п.

Запишем условия выполнения одинаковой доли работ на примере 7-го расчетного периода:

– погрузка органических удобрений:

$$Y_{30}=784,3 \cdot X_{161}+331,7 \cdot X_{162}+331,7 \cdot X_{163}+326,5 \cdot X_{164}+488,5 \cdot X_{165}-6573,3 \cdot X_{280}=0$$

– разбрасывание органических удобрений:

$$Y_{31}=347,2 \cdot X_{166}+275,2 \cdot X_{167}+316,3 \cdot X_{168}+313,7 \cdot X_{169}-6573,3 \cdot X_{280}=0$$

– погрузка минеральных удобрений:

$$Y_{32}=784,3 \cdot X_{170}+331,7 \cdot X_{171}+331,7 \cdot X_{172}+326,5 \cdot X_{173}+488,5 \cdot X_{174}+262,3 \cdot X_{175}-53,2 \cdot X_{280}=0$$

– внесение минеральных удобрений (0,1 т/га):

$$Y_{33}=227,0 \cdot X_{176}+161,3 \cdot X_{177}+114,7 \cdot X_{178}+100,6 \cdot X_{179}+74,9 \cdot X_{180}-164,3 \cdot X_{280}=0$$

– перепашка пара (20-22см):

$$Y_{34}=34,2 \cdot X_{181}+25,2 \cdot X_{182}+22,7 \cdot X_{183}+16,4 \cdot X_{184}+12,4 \cdot X_{185}+10,3 \cdot X_{186}-164,3 \cdot X_{280}=0$$

– культивация(6-8 см):

$$Y_{35}=162 \cdot X_{187}+136,3 \cdot X_{188}+110,5 \cdot X_{189}+77,2 \cdot X_{190}+54 \cdot X_{191}+48,8 \cdot X_{192}+104,2 \cdot X_{193}-736 \cdot X_{280}=0$$

– подвоз семян:

$$Y_{36}=148,9 \cdot X_{194}+129,4 \cdot X_{195}+43,9 \cdot X_{196}+41,4 \cdot X_{197}+16,0 \cdot X_{198}-206,0 \cdot X_{280}=0$$

– транспортировка минеральных удобрений:

$$Y_{37}=148,9 \cdot X_{199}+129,4 \cdot X_{200}+43,9 \cdot X_{201}+41,4 \cdot X_{202}+16,0 \cdot X_{203}-36,8 \cdot X_{280}=0$$

– посев (6...8 см):

$$Y_{38}=146,5 \cdot X_{204}+115,7 \cdot X_{205}+92,5 \cdot X_{206}+87,5 \cdot X_{207}+54 \cdot X_{208}+38,5 \cdot X_{209}+99 \cdot X_{210}-736 \cdot X_{280}=0$$

– прикатывание:

$$Y_{39}=264,8 \cdot X_{211}+185,2 \cdot X_{212}+164,5 \cdot X_{213}+138,8 \cdot X_{214}+213,5 \cdot X_{215}-736 \cdot X_{280}=0$$

– культивация(8-10 см):

$$Y_{40}=169,7 \cdot X_{216}+146,5 \cdot X_{217}+141,5 \cdot X_{218}+100,3 \cdot X_{219}+54 \cdot X_{220}+48,8 \cdot X_{221}-112 \cdot X_{280}=0$$

В представленных равенствах коэффициенты при неизвестных – наработка соответствующего агрегата за период.

Условие обязательного использования всего парка тракторов для седьмого периода запишется так:

– К-701:

$$Y_{51}=X_{166}+X_{176}+X_{181}+X_{187}+X_{194}+X_{199}+X_{204}+X_{216}=2$$

– Т-4А:

$$Y_{52}=X_{165}+X_{174}+X_{183}+X_{189}+X_{205}+X_{218}=18$$

– МТЗ-80:

$$Y_{53}=X_{162}+X_{168}+X_{171}+X_{178}+X_{185}+X_{191}+X_{196}+X_{201}+X_{208}+X_{213}+X_{220}=24$$

– ЮМЗ-6АЛ:

$$Y_{54}=X_{163}+X_{169}+X_{172}+X_{179}+X_{186}+X_{192}+X_{197}+X_{202}+X_{209}+X_{214}+X_{221}=3$$

– ДТ-75М:

$$Y_{55}=X_{164}+X_{173}+X_{184}+X_{190}+X_{207}+X_{212}+X_{219}=7$$

– Т-150К:

$$Y_{56}=X_{161}+X_{167}+X_{170}+X_{177}+X_{182}+X_{188}+X_{195}+X_{200}+X_{206}+X_{211}+X_{217}=5$$

– Т-25:

$$Y_{57}=X_{175}+X_{180}+X_{198}+X_{203}=3$$

– МТЗ-1221:

$$Y_{58}=X_{193}+X_{210}+X_{215}=3$$

Данные составленной модели были введены в программу «Оперативное распределение агрегатов» [8], в которой осуществлялись оптимизационные вычисления. Полученное распределение агрегатов представлено в таблице 4.

В таблице 5 представлены обобщенные технико-экономические показатели работы МТА при расстановке их по моделям минимизации суммарных затрат и минимизации прямых затрат. Для определения абсолютного эффекта от оптимизации распределения МТА по каждой модели были проведены расчеты и по противоположным критериям, т.е. целевые функции рассчитывались на максимум.

Предлагаемая модель по сравнению с моделью минимизации прямых затрат позволяет снизить суммарные затраты на 608822,56 рублей. При этом суммарные затраты по сравнению с наихудшим вариантом расстановки агрегатов снижаются на 3857638,74 рублей (28%) при повышении производительности машинно-тракторного парка в среднем на 20%.

Таблица 4 Распределение агрегатов по видам работ

| Наименование операции и состав агрегата              | Число агрегатов по периодам |          |          |          |          |
|--|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
|  | 4                           | 5        | 6        | 7        | 8        |
| <b>Погрузка органических удобрений, т</b>            |                             |          |          |          |          |
| Т-150К+ТО-25   | 5,00/5*                     | 5,00/5   | 5,00/5   | 5,00/5   | 5,00/5   |
| МТЗ-80+ПФП-0,5                                       | 1,82/2                      | 5,29/5   | 5,75/5   | 5,83/5   | 5,47/5   |
| ДТ-75М+ПБ-35   | 5,65/7                      | 0,00/0   | 0,00/0   | 0,00/0   | 0,00/0   |
| Т-4А+ПН-4  | 3,25/3                      | 2,42/2   | 1,80/2   | 1,70/3   | 2,18/3   |
| <b>Разбрасывание органических удобрений, т</b>       |                             |          |          |          |          |
| МТЗ-80+РОУ-6   | 22,18/21                    | 18,71/18 | 18,25/18 | 18,17/18 | 18,53/18 |
| ЮМЗ-6АЛ+РОУ-6  | 3,00/3                      | 3,00/3   | 3,00/3   | 3,00/3   | 3,00/3   |
| <b>Погрузка минеральных удобрений, т</b>             |                             |          |          |          |          |
| Т-25+ ПМГ-0,2  | 0,17/1                      | 0,21/1   | 0,21/1   | 0,21/1   | 0,22/1   |
| <b>Внесение минеральных удобрений (0,1 т/га), га</b> |                             |          |          |          |          |
| Т-25+НРУ-0,5   |                             | 2,29/2   | 2,24/2   | 2,23/2   | 2,27/2   |
| <b>Перепахка пара (20-22см),га</b>                   |                             |          |          |          |          |
| К-701+ПТК-9-35                                       |                             | 0,66/0   | 0,00/0   | 0,00/0   | 0,37/0   |
| Т-4А+ПЛП-6-35  |                             | 2,00/2   | 2,78/2   | 2,74/2   | 2,35/2   |
| ДТ-75М+ПН-4-35                                       |                             | 6,31/7   | 6,40/7   | 6,42/6   | 6,35/6   |
| <b>Прикатывание, га</b>                              |                             |          |          |          |          |
| ДТ-75М+3*ЗКК-6А                                      | 1,35/0                      | 0,69/0   | 0,60/0   | 0,58/0   | 0,65/0   |
| МТЗ-1221+СП-11+5*ЗКК-6А                              | 3,00/3                      | 3,00/3   | 3,00/3   | 3,00/3   | 3,00/3   |
| <b>Культивация(8-10 см), га</b>                      |                             |          |          |          |          |
| К-701+СП-16+ 4 *КПС-4                                |                             |          | 0,57/1   | 0,40/1   |          |
| Т-4А+СП-16+ 4 *КПС-4                                 |                             |          | 0,13/0   | 0,32/0   |          |

\* В числителе оптимальное (дробное), знаменателе принятое (целое) число агрегатов.

Таблица 5 Обобщенные технико-экономические показатели работы МТА

| Показатели<br>(в пересчете на плановый объем работ) |   | При расстановке агрегатов с минимизацией |                                   |
|---|---|--|-----------------------------------|
|   |   | прямых затрат                            | суммарных затрат                  |
| Суммарные затраты, руб                              |   | <u>14260510,67</u><br>15961135,84*       | <u>13651688,11</u><br>17509326,84 |
| Прямые затраты, руб                                 |   | <u>3673759,55</u><br>4426437,32          | <u>3813346,13</u><br>4246994,27   |
| Стоимость теряемой продукции, руб                   |   | <u>10388659,15</u><br>11534698,52        | <u>9838341,98</u><br>13262332,58  |
| Доли выполненных работ в периодах                   | 4 | <u>1,22</u>                              | <u>1,21</u>                       |
|   |   | 1,05                                     | 1,01                              |
|   | 5 | <u>1,03</u>                              | <u>1,04</u>                       |
|   |   | 0,89                                     | 0,84                              |
|   | 6 | <u>1,01</u>                              | <u>1,02</u>                       |
|   |   | 0,87                                     | 0,83                              |
|   | 7 | <u>1,00</u>                              | <u>1,02</u>                       |
|   |   | 0,87                                     | 0,82                              |
|   | 8 | <u>1,02</u>                              | <u>1,04</u>                       |
|   |   | 0,88                                     | 0,83                              |

\* Результаты решения задачи по противоположному критерию.

### Библиографический список

1. Баширов Р.М., Данилов О.С. Распределение машинно-тракторных агрегатов по видам работ с минимизацией прямых затрат // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – №8. – С. 25-27.

2. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механи-

зированные работы. Часть 1. – М.: Роснисагропром. – 289 с.

3. Методика определения экономической эффективности техники и технологий в сельском хозяйстве. Часть 1. – М.: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации, 1998. – 220 с.

4. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.

5. Ревут И.Б. Теоретическое обоснование новых элементов технологии обработки почвы // Теоретические вопросы обработки почвы. Выпуск 2. Докл. на Всес. НТС (17-21.12.1968 г.). – Л.: Гидрометиздат, 1969. – С. 6-19.

6. Шарипов Р.М. Воздействие ходовых систем тракторов на агрофизические свойства и плодородие выщелоченных чернозе-

мов южной лесостепи Предуралья: автореф. дисс. ... канд. селскохозяйств. наук. – Уфа: БашГАУ, 1997. – 19 с.

7. Забродский В.М., Файнлеб А.М. и др. Ходовые системы тракторов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 271 с.

8. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2010610423. Оперативное распределение агрегатов (ОПРАГ) / Р.М. Баширов, О.С. Данилов; заявлено 11.11.2009; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11.01.10.

### *Сведения об авторах*

1. **Баширов Рив Минниханович**, доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и автомобилей ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. Тел.: 8 (347) 252-57-93.

2. **Данилов Олег Сергеевич**, ассистент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и автомобилей ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34. Тел.: 8 (347) 252-57-93. E-mail: olegdos@yandex.ru.

Приводятся результаты расстановки машинно-тракторных агрегатов по видам работ по предложенной авторами новой

экономико-математической модели минимизации суммарных затрат на тракторных работах.

R. Bashirov, O. Danilov

## **DISTRIBUTION OF TECHNOLOGICAL UNITS BY KINDS OF WORKS WITH MINIMIZATION OF THE FACTOR COST AND COSTS OF LOST PRODUCTION BECAUSE OF SOIL COMPACTION**

**Keywords:** *distribution of technological units; economic-mathematical model; a factor cost; soil compaction; crop loss.*

### *Authors' personal details*

1. **Bashirov R.**, Doctor of technical sciences, professor at the Chair of Operation of Machine and Tractor park and Cars, the Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education Bashkir State Agrarian University, Ufa, 50-letiya Ocyabrya str., 34. Phone: 8 (347) 252-57-93.

2. **Danilov O.**, Postgraduate at the Chair of Operation of Machine and Tractor park and Cars, the Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education Bashkir State Agrarian University, Ufa, 50-letiya Ocyabrya str., 34. Phone: 8 (347) 252-57-93. E-mail: olegdos@yandex.ru.

Results of arrangement of technological units by kinds of works on the new minimization of total expenses offered by authors, eco-

nomico-mathematical models on tractor works are resulted.

© Баширов Р.М., Данилов О.С.