

Царев Юрий Александрович, д-р тех. наук, профессор,  
Донской государственный технический университет  
Tsarev Yuri Alexandrovich, Dr. Techn. Sciences, Professor,  
Don State Technical University

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ<sup>1</sup> ПРИ ОЦЕНКЕ  
ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ  
INFORMATION TECHNOLOGIES IN ASSESSING THE OPERATIONAL  
AND TECHNOLOGICAL PERFORMANCE OF GRAIN HARVESTERS USING  
THE EXAMPLE OF THE FOREST-STEPPE ZONE**

**Аннотация.** С целью повышения точности и достоверности при оценке и анализе вновь разрабатываемых и модернизируемых зерноуборочных комбайнов, как, впрочем, и любых сельскохозяйственных машин, на соответствие их эксплуатационно-технологических показателей требованиям технических заданий и технических условий, в статье рассматривается – методика, основанная на объединении результатов испытаний, получаемых как при агрооценке, так и при эксплуатационно-технологической оценке, для построения по их результатам, с использованием современных информационных технологий, математических моделей технологических процессов зерноуборочных комбайнов. Методика базируется на большом статистическом материале результатов приемочных и периодических испытаний зерноуборочных комбайнов, собранном в свое время на машиноиспытательной станции УкрЦИТ, и строится с учетом современного аппарата математической статистики на примере Лесостепной зоны.

**Abstract.** In order to increase the accuracy and reliability in the assessment and analysis of newly developed and upgraded combine harvesters, as well as any agricultural machinery, for compliance of their operational and technological parameters with the requirements of technical specifications and specifications, the article examines – A technique based on combining test results obtained both during agro-assessment and during operational and technological assessment to build mathematical models of technological processes of combine harvesters based on their results using modern information technologies. The methodology is based on a large statistical material of the results of acceptance and periodic tests of combine harvesters, collected at one time at the UkrCIT machine testing station, and is based on modern mathematical statistics using the example of the Forest-Steppe zone.

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, эксплуатационно-технологические показатели, математическая модель, информационные технологии.

**Keywords:** combine harvester, operational and technological indicators, mathematical model, information technology.

**Введение и цель.**

Для повышения точности и достоверности при оценке и анализе вновь разрабатываемых и модернизируемых зерноуборочных комбайнов, как впрочем и любых сельскохозяйственных машин, на соответствие их эксплуатационно-технологических показателей (ЭТП) требованиям технических заданий и технических условий, предлагается методика, основанная на объединении результатов испытаний получаемых как при агрооценке, так и при эксплуатационно-технологической оценке. Методика базируется на

---

<sup>1</sup> Современные информационные технологии (ИТ) — это совокупность методов, процессов и инструментов для сбора, хранения, обработки, передачи и защиты информации. computerra.ruskyeng.rumoluch.rucspo.ru.



статистическом материале результатов приемочных и периодических испытаний зерноуборочных комбайнов, собранном в свое время на машиноиспытательной станции, для построения технологических процессов (ТП) комбайнов, с учетом современных информационных технологий на примере Лесостепной зоны.

В условиях рыночных отношений основные показатели, характеризующие качество зерноуборочных комбайнов, как, впрочем, и любых сельскохозяйственных машин, должны носить объективный характер. К таким показателям зерноуборочных комбайнов относятся ЭТП, такие как [1, 2]: *производительность по зерну за 1 ч. основного времени, потери зерна за комбайном, потери зерна за молотилкой, дробление зерна, содержание сорной примеси в бункере, удельный расход топлива и т.д.* Известно, что существенное влияние на ЭТП оказывают такие группы факторов, как: *агротехнический фон убираемых культур, регулировочные параметры комбайна, конструкционные параметры и ряд других, которые в свою очередь состоят из большого количества факторов.* Однако до настоящего времени при оценке и анализе ЭТП в отчетах и протоколах по результатам испытаний зерноуборочных комбайнов ограничиваются однофакторными регрессиями типа: *потерь зерна за молотилкой комбайна от производительности или потерь зерна за молотилкой комбайна от подачи хлебной массы в молотильный агрегат и т.п.,* на основании которых делаются далеко идущие выводы о стабильном характере ЭТП в самом широком диапазоне факторов. Такой подход не гарантирует достоверность и точность оценки и анализа ЭТП в реальных условиях большого количества постоянно меняющихся факторов, без построения математических моделей ТП, тем самым, снижая объективный характер оценки основных показателей. Вместе с тем, применительно к оценке ЭТП зерноуборочных комбайнов, можно применить современные методы для сбора, хранения и обработки информации, для решения существующих проблем.

#### **Материалы и методы исследований.**

Вниманию предлагается методика оценки и анализа ЭТП зерноуборочных комбайнов, основанная на статистической обработке результатов испытаний, получаемых как при агрооценке, так и при эксплуатационно-технологической оценке. Результаты агрооценки дают повторности испытаний, так необходимые для достоверности пассивного эксперимента, а результаты эксплуатационно-технологической оценки – количество и широкий диапазон варьирования факторов. Подход к формированию методики базируется на статистическом материале результатов приемочных и периодических испытаний зерноуборочных комбайнов, собранном с машиноиспытательных станций, для построения ТП, с учетом современного математического аппарата.

Для этого на первом этапе создается математическая модель-эталон ТП серийного комбайна, соответствующая определенной сельскохозяйственной зоне и конкретному виду убираемой культуры. На втором этапе решается задача "наложения" – путем сравнения, при оценке ЭТП, результатов испытаний комбайнов с математической моделью-эталоном ТП.

В качестве примера работы методики приведен порядок оценки и анализа ЭТП зерноуборочных комбайнов для Лесостепной зоны на прямом комбайнировании пшеницы.

Типичными условиями для Лесостепной зоны при комбайнировании пшеницы, являются: высокая урожайность 40-70 ц/га, значительная полеглость хлебостоя 20-60 %, повышенная влажность соломы 20-40 %, повышенное содержание сорной примеси в срезанной массе 1-16%, при допустимой влажности зерна 10-18 % и соотношении зерна к соломе близкого 1/1,5, а также допустимой массе 1000 зерен свыше 40 г [3].

Анализ эксплуатационно-технологических показателей проведен на зерноуборочных комбайнах приблизительно одного класса с условными названиями М1, М2 и М3 по результатам Государственных приемочных и периодических испытаний [4].



В качестве одних из основных ЭТП выбраны пять показателей:

VAR9 - производительность по зерну за 1 ч. основного времени, т/ч;

VAR16 - потери зерна за молотилкой, %;

VAR17 - дробление зерна, %;

VAR18 - сорная примесь в бункере, %;

VAR19 - удельный расход топлива, кг/т.

В качестве факторов, влияющих на ЭТП, приняты параметры агрофона (хотя это могут быть параметры настройки или особенности конструкции):

VAR1 - урожайность пшеницы, ц/га;

VAR2 - полеглость пшеницы, %;

VAR3 - влажность зерна, %;

VAR4 - влажность соломы, %;

VAR5 - соотношение зерна к соломе;

VAR6 - засоренность поля, %;

VAR7 - масса 1000 зерен, г.

Основные допущения при анализе ЭТП:

- регулировочные параметры комбайнов настроены оптимально;

- ширина захвата жаток (VAR33, м) известна;

- зерноуборочные комбайны одного класса;

- рабочие скорости (VAR26, км/ч) известны.

На первом этапе анализа, путем статистической обработки на ЭВМ результатов испытаний, были получены математические модели ТП комбайнов на прямом комбайнировании пшеницы в условиях Лесостепной зоны [3].

При построении математических моделей ТП использовалась процедура прямого пошагового выбора факторов для множественной регрессии с использованием алгоритма Грэхема-Шмидта. Эта процедура бывает полезна при построении модели, если имеется большое число возможно независимых факторов и нельзя точно определить необходимость введения каждого из них. Прямая процедура начинает работу без переменных в модели и дополняет по одной переменной в том случае, если новая переменная изменяет показатель вариабельности системы (коэффициент детерминации - R-квадрат) [5]. Это позволило на каждом этапе следить за тем, чтобы ранее выбранные переменные оставались значащими.

#### Результаты исследований.

Выбор моделей проведен с доверительной вероятностью 0,95 и показателем функции  $F_0 = 1$ , при довольно высокой вариабельности, на уровне R-квадрат = 80 - 99 %, которая объясняет существенное влияние введенных в модель факторов.

Модель-эталон ТП М1 на прямом комбайнировании пшеницы (R-квадрат = 79,8 - 98,9%)

$VAR9 = 0,05349VAR1 + 0,07923VAR2 - 1,08144VAR3 + 0 + 0,06341VAR6 + 0,21520VAR7 + 2,72898VAR26$ , R-квадрат = 98,9%;

$VAR16 = -0,08989VAR1 + 0,04841VAR2 - 0,33374VAR3 - 0,13592VAR4 + 0 + 0,05151VAR6 + 0,10544VAR7 + 1,69155VAR26$ , R-квадрат = 81,3%;

$VAR17 = 0 + 0,02542VAR2 - 0,25646VAR3 + 0 + 0,07782VAR7 + 0,22431VAR26$ , R-квадрат = 93,5%;

$VAR18 = 0 + 0,14353VAR3 + 0,02941VAR4 + 0 + 0 - 0,22692VAR26$ , R-квадрат = 79,8%;

$VAR19 = 0 - 0,03128VAR2 + 0,57899VAR3 + 0,0393VAR4 - 4,16398VAR5 + 0 + 0 - 0,50446VAR26$ , R-квадрат = 93,4%.

(1)



Модель ТП М2 на прямом комбайнировании пшеницы (R-квадрат = 87,9 - 99,9%)  
 $VAR9 = 0+0+0+0,11571VAR4+0+0,10808VAR6+0+2,11576VAR26$ ,  
R-квадрат = 99,7%;  
 $VAR16 = 0+0+0+0,0212VAR4-2,51907VAR5+0+0+0,65012VAR26$ ,  
R-квадрат = 97%;  
 $VAR17 = 0-0,02813VAR2+0-0,08695VAR4+0+0+0,11163VAR7+0$ ,  
R-квадрат = 98,7%;  
 $VAR18 = 0+0+0+0+0,46306VAR5+0+0+0$ , R-квадрат = 87,9%;  
 $VAR19 = 0,01594VAR1+0+0+0+0+0+0,12446VAR26$ , R-квадрат = 99,9%.

(2)

Модель ТП М3 на прямом комбайнировании пшеницы (R-квадрат = 85,9 - 98,8%)  
 $VAR9 = 0-0,06715VAR2+0+0+0+0,35686VAR6+0+3,92526VAR26$ ,  
R-квадрат = 96,4%;  
 $VAR16 = 0-0,00484VAR2+0+0+0+0,0792VAR6+0+0,14374VAR26$ ,  
R-квадрат = 93,1%;  
 $VAR17 = 0+0,06857VAR2+0+0-11,9760VAR5+0+0,24029VAR7+0$ ,  
R-квадрат = 95,3%;  
 $VAR18 = 0,01252VAR1+0+0,03266VAR3-0,02076VAR4+0+0+0-$   
 $-0,04841VAR26$ , R-квадрат = 85,9%;  
 $VAR19 = 0+0+0+0+0+0+0+0,37031VAR26$ , R-квадрат = 98,8%.

(3)

Адекватность приведенных моделей ТП гарантируется результатами испытаний, в следующих диапазонах варьирования факторов [3]:

$VAR1$  (44 - 70 ц/га);  $VAR5$  (0,7- 1,1);  
 $VAR2$  (10 - 60 %);  $VAR6$  ( 0 - 16 %);  
 $VAR3$  (10 - 18 %);  $VAR7$  (40 - 60 г);  
 $VAR4$  (10 - 40 %);  $VAR26$  (2,4- 6 км/ч).

(4)

На втором этапе анализ моделей сводится к задаче оптимального программирования ТП, которая в общем виде может формироваться следующим образом [5]:

найти параметр оптимизации:  $VAR26^*$ ,

при условии:  $\max: VAR9 = f(VAR1, ..., VAR7, VAR26)$ , (5)

и ограничениях (4) и (6):

$1,5 \geq VAR16 = f(VAR1, ..., VAR7, VAR26)$ ;  
 $2 \geq VAR17 = f(VAR1, ..., VAR7, VAR26)$ ;  
 $2 \geq VAR18 = f(VAR1, ..., VAR7, VAR26)$ ,

(6)

где оптимизируется производительность по зерну ( $VAR9$ ), с ограничениями на: потери ( $VAR16$ ), дробление ( $VAR17$ ) и сорную примесь в бункере ( $VAR18$ ), которые по ТУ, соответственно, менее 1,5%, 2% и 2%; области факторов ( $VAR1, ..., VAR7, VAR26$ ), взяты в соответствии с условиями Лесостепной зоны [3].

Построение линейных регрессионных моделей ТП (1) – (3), и решение задачи оптимального программирования ТП (5), (6), осуществлено на ЭВМ с помощью двухэтапного симплекс-алгоритма [5]. Результаты решения представлены в таблице 1

Таблица 1

Результаты решения задачи оптимизации ТП

| Марка машины | $VAR33$<br>max:<br>м | $VAR9$<br>т/ч | $VAR1$<br>ц/га | $VAR2$<br>% | $VAR3$<br>% | $VAR4$<br>% | $VAR5$<br>з/с | $VAR6$<br>% | $VAR7$<br>г | $VAR26$<br>км/ч | $VAR19$<br>кг/т |
|--------------|----------------------|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| М3           | 7,2                  | 22,2          | 44             | 20          | 10          | 20          | 0,75          | 11,1        | 40          | 5               | 1,85            |
| М1           | 6                    | 17,0          | 70             | 20          | 10,7        | 40          | 0,7           | 16          | 40          | 5               | 1,71            |
| М2           | 4,2                  | 16,9          | 44             | 20          | 10          | 40          | 0,99          | 116         | 40          | 5               | 1,32            |



Анализ результатов, приведенных в таблице 1, по моделям (1) - (3), свидетельствует:

- комбайн М3 может иметь большую производительность, чем комбайны М1 и М2, из-за жатки большего захвата, однако если привести производительности к одной ширине захвата, например 6 м, то максимальные величины производительности могут составлять для М3 - 18,5 т/ч, а для М2 - 24,1 т/ч;

- комбайны М1 и М2 хорошо использовать для работы на переувлажненной соломе (VAR4) и засоренных полях (VAR6);

- полеглая пшеница (VAR2) ухудшает ЭТП всех комбайнов, однако комбайн М1 лучше приспособлен для работы с полеглой пшеницей;

- на снижение производительности комбайна М1 существенно влияет влажное зерно (VAR3), в то время как для комбайнов М2 и М3 этот фактор мало значителен, и т.д.

Если нельзя построить математическую модель ТП испытуемого комбайна из-за малого количества реализаций, на втором этапе оценка единичных результатов испытаний может проводиться методом сравнения результатов испытаний с математической моделью ТП. В модель эталона ТП, в данном случае, это модель-эталон ТП комбайна М1 (1), подставляются результаты испытаний оцениваемого комбайна, а затем сравниваются выходные показатели ЭТП. Принцип метода "наложения" показан на примере оценки не только результатов испытаний комбайнов М2, М3, но и в расширенном количестве результатов испытаний комбайнов М4 и М5, на прямом комбайнировании пшеницы в УкрЦИТ (см. таблицы 2-5).

По результатам оценки ЭТП можно сделать следующие выводы:

- по производительности и удельному расходу топлива комбайн-эталон М1 в сравнении с комбайнами М2 и М3 уступает только в случае, если влажность зерна превышает 15% (см. табл. 2, 3);

- по производительности комбайн-эталон М1 приблизительно в 2 раза превосходит комбайн М4 (см. табл.4);

- на полях с малой засоренностью комбайн-эталон М1 по производительности не уступает комбайну М5, но дает большие потери (см. табл.5).

Таблица 2

Результаты испытаний М2 в сравнении с моделью-эталон ТП (1)

| Row                | VAR 1 | VAR 2 | VAR R3 | VAR 4 | VAR 5 | VAR 6 | VAR 7 | VAR 9 | VAR R16 | VAR R17 | VAR R18 | VAR R19 | VAR 26 | VAR 50  |
|--------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| 1                  | 73    | 10    | 10,7   | 38,9  | 0,67  | 16,8  | 62,6  | 9,29  | 0,52    | 3,15    | 0,22    | -       | 1,8    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |        |       |       |       |       | 12,57 | -       | 2,79    | 2,27    | 2,27    |        |         |
| 2                  | 73    | 10    | 10,7   | 38,9  | 0,67  | 16,8  | 62,6  | 12,60 | 0,84    | 3,21    | 0,63    | -       | 2,4    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |        |       |       |       |       | 14,21 | -       | 2,92    | 2,14    | 3,4     |        |         |
| 6                  | 56,9  | 18,7  | 11,1   | 20,7  | 0,71  | 3,7   | 49,0  | 12,90 | 1,41    | 3,73    | 0,44    | 1,48    | 4,5    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |        |       |       |       |       | 15,58 | 2,24    | 2,45    | 1,18    | 1,43    |        |         |
| 7                  | 68,6  | 9,5   | 17,5   | 48,6  | 0,99  | 0,1   | 46,8  | 14,50 | 1,07    | 0,93    | 0,43    | 1,61    | 4,2    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |        |       |       |       |       | 7,03  | -       | 0,34    | 2,99    | 5,5     |        |         |
| 8                  | 44    | 63,8  | 14,2   | 12,5  | 1,10  | 1,6   | 44,8  | 10,87 | 0,65    | 2,00    | 0,47    | 1,28    | 4,7    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |        |       |       |       |       | 14,62 | 5,45    | 2,52    | 1,34    |         |        |         |





Примечание: VAR50 - номер протокола, row – порядковый номер.

Таблица 3

Результаты испытаний М3 в сравнении с моделью-эталон ТП (1)

| row                | VAR 1 | VAR 2 | VAR 3 | VAR 4 | VAR 5 | VAR 6 | VAR 7 | VAR 9 | VAR 16 | VAR 17 | VAR 18 | VAR 19 | VAR 26 | VAR 50  |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1                  | 73    | 10,0  | 10,7  | 38,9  | 1,00  | 16,8  | 62,6  | 11,80 | 1,05   | 4,34   | 0,17   | -      | 2,7    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 15,03 | -      | 2,99   | 2,07   | 1,88   | 2,7    |         |
| 14                 | 44    | 63,8  | 14,2  | 12,5  | 1,10  | 1,6   | 44,8  | 19,00 | 0,45   | 2,10   | 0,39   | -      | 6,2    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 18,71 | 7,99   | 2,86   | 1,00   | -      | 6,2    |         |
| 15                 | 57    | 18,7  | 11,1  | 20,7  | 0,71  | 3,7   | 49,0  | 19,40 | 1,40   | 5,91   | 0,58   | 2,04   | 5,0    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 16,95 | 3,09   | 2,56   | 1,03   | 1,18   | 5,0    |         |
| 16                 | 69    | 9,5   | 17,5  | 46,8  | 0,99  | 0,1   | 46,8  | 19,84 | 0,42   | 0,91   | 0,28   | 1,54   | 4,7    | 1-56-93 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 8,04  | -      | 0,45   | 2,87   | 5,25   | 4,7    |         |

Таблица 4

Результаты испытаний М4 в сравнении с моделью-эталон ТП (1)

| row                | VAR 1 | VAR 2 | VAR 3 | VAR 4 | VAR 5 | VAR 6 | VAR 7 | VAR 9 | VAR 16 | VAR 17 | VAR 18 | VAR 19 | VAR 26 | VAR 50    |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 2                  | 43,0  | 22,8  | 10,8  | 13,3  | 0,67  | 15,7  | 33,8  | 3,83  | 0,56   | 2,03   | 0,89   | -      | 2,3    | 29-109-84 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 7,03  | 0,12   | 0,96   | 1,41   | 2,1    | 2,3    |           |
| 7                  | 43,0  | 22,8  | 10,8  | 13,3  | 0,67  | 15,7  | 33,8  | 6,47  | 2,27   | 4,40   | 0,40   | -      | 4,0    | 29-109-84 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 11,61 | 2,97   | 1,34   | 1,03   | 1,26   | 4,0    |           |
| 21                 | 20,6  | 73,5  | 16,1  | 27,0  | 0,15  | 0,9   | 40,2  | 2,67  | 0,25   | 1,79   | 0,78   | 5,5    | 2,9    | 29-80-90  |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 6,13  | 1,85   | 1,52   | 2,45   | -      | 2,9    |           |

Таблица 5

Результаты испытаний М5 в сравнении с моделью-эталон ТП (1)

| row                | VAR 1 | VAR 2 | VAR 3 | VAR 4 | VAR 5 | VAR 6 | VAR 7 | VAR 9 | VAR 16 | VAR 17 | VAR 18 | VAR 19 | VAR 26 | VAR 50   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1                  | 38,9  | 33,3  | 11,2  | 39,7  | 0,67  | 2,0   | 48    | 7,92  | 0,66   | 1,38   | 3,85   | -      | 2,4    | 29-76-90 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 9,61  | -      | 2,25   | 2,23   | 3,0    | 2,4    |          |
| 8                  | 38,9  | 33,3  | 11,2  | 39,7  | 0,67  | 2,0   | 48    | 16,27 | 0,67   | 0,93   | 4,57   | -      | 4,8    | 29-76-90 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 16,20 | 2,27   | 2,78   | 1,69   | 1,79   | 4,8    |          |
| 12                 | 54,6  | 12,6  | 12,2  | 7,7   | 0,67  | 0,2   | 50    | 7,20  | 0,25   | 0,38   | 0,69   | -      | 3,8    | 29-76-90 |
| Модель-эталон (1): |       |       |       |       |       |       |       | 11,88 | 2,29   | 1,93   | 1,12   | 2,27   | 3,8    |          |



|                    |      |     |      |      |      |     |    |       |      |      |      |      |     |          |
|--------------------|------|-----|------|------|------|-----|----|-------|------|------|------|------|-----|----------|
| 32                 | 40,5 | 1,6 | 14,7 | 18,3 | 0,86 | 0,2 | 40 | 15,20 |      | 1,16 | 0,86 | 2,78 | 6,4 | 29-91-92 |
| Модель-эталон (1): |      |     |      |      |      |     |    | 12,48 | 4,1  | 0,82 | 1,20 | 2,37 | 6,4 |          |
| 37                 | 40,5 | 1,6 | 14,7 | 18,3 | 0,86 | 0,2 | 40 | 14,83 | 0,57 | 1,05 | 0,75 | -    | 7,8 | 29-91-92 |
| Модель-эталон (1): |      |     |      |      |      |     |    | 16,30 | 6,47 | 1,13 | 0,88 | 1,66 | 7,8 |          |

### **Выводы.**

В заключении можно сделать вывод, что использование современных информационных технологий, на примере Лесостепной зоны, позволяет:

- повышать достоверность и точность оценки и анализа ЭТП для реальных условий уборки зерновых культур в различных сельскохозяйственных зонах за счет учета факторов агрофона;

- использовать при испытании комбайнов вместо физического эталона серийного комбайна его математическую модель ТП, сокращая при этом затраты и повышая оперативность оценки и анализа ЭТП, а в перспективе:

- прогнозировать разработку и создание новых комбайнов для сельскохозяйственных зон с особыми факторами;
- решать вопросы автоматизированной настройки ТП комбайнов на научной основе и т.д.

### *Список литературы:*

1. ГОСТ 24055-2016. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Стандартиформ, 2020. – 30 с.
2. ГОСТ 28301-2015. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2016. – 43 с.
3. Царев Ю.А. Статистическая оптимизация основных конструкционных параметров зерноуборочных комбайнов / Диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, том 2 / Ростов-на-Дону, 2000. - 159 с.
4. Протоколы испытаний УкрЦИТ №№: 29-109-84, 29-102-85, 29-58-87, 29-55-88, 29-35-89, 29-37-90, 29-30-90, 29-76-90, 29-80-90, 29-38-91, 29-30-91, 29-100-91, 29-113- 91, 29-85-91, 29-91-92, 1-56-57-93.
5. STATISTICAL GRAPHICS SYSTEM by STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. User's guide. (Пакет прикладных программ STATGRAPHICS (SG), версии 2.6, номер 1157855, 1989.).

