

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2020. - №1 (104). - С.205-212

## ПЛАНИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЕ

*Мусина Г.С.,  
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина*

### **Аннотация**

Рассмотрены методические приемы разработки рационального плана производства сельскохозяйственной продукции, гарантирующего определенный размер доходов при заданном уровне уверенности. Для решения задачи реализуется сценарное представление возможных исходов с заданной вероятностью. При этом прогноз будущих состояний управляемой системы основан на использовании субъективных оценок возможных сценариев развития событий в будущем. Для расчета допустимого размера риска рекомендуется использовать коэффициент вариации ожидаемого суммарного дохода как степень неприятия риска сельскохозяйственным предпринимателем. Методические приемы расчета плана протестированы с использованием производственно-экономических данных растениеводства ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция» за период с 2012 по 2018 г.г. Подчеркивается, что выбор наиболее предпочтительного варианта сочетаний посевов остается за сельскохозяйственным предпринимателем и зависит от его отношения к риску.

**Ключевые слова:** растениеводство, планирование, неопределенность, математическая модель, оптимизация, структура посевов, гарантированный размер дохода, экономический риск, коэффициент вариации №

### **Введение**

Для обеспечения непрерывности процессов воспроизводства и устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий хозяйственные планы должны учитывать все важнейшие факторы риска и имеющиеся возможности по их нейтрализации или смягчения негативных последствий от их воздействия на результаты хозяйственной деятельности [1,2]. Необходимым условием для разработки подобного плана является системное рассмотрение указанных аспектов проблемы, что невозможно без построения соответствующей математической модели задачи. В контексте проблемы финансово-экономической устойчивости сельскохозяйственных предприятий в модели следует учесть условие по удовлетворению финансовых обязательств предприятия перед кредиторами, а также условие по финансированию расходов по поддержанию его жизнедеятельности, поскольку указанные обстоятельства являются ключевыми практически для всех фермеров [3,4]. Иначе говоря, реализация плана должна привести к результатам, как минимум достаточных для удовлетворения указанных потребностей. Таким образом, суть задачи сводится к тому, чтобы найти план, гарантирующий определенный

размер доходов при заданном уровне уверенности.

Невозможность многократного повторения неизменного комплекса условий приводит к необходимости критического осмысления данных прошлых опытов и привлечения неформального опыта эксперта для прогноза будущих состояний управляемой системы [5,6]. Это означает, что прогноз такого свойства может быть составлен лишь в вероятностных терминах. Более того, при относительно малом количестве прошлых наблюдений не удастся определить устойчивость относительных частот проявления, что означает отказ от частотной вероятности и принятие субъективной при оценке будущих состояний управляемого объекта. Атрибуты объективной вероятности - принципиальная воспроизводимость и возможность неограниченного количества повторений при сохранении неизменным комплекса условий - свидетельствуют о том, что частотная вероятность неприемлема для описания реальных или возможных наблюдений. Более того, неотъемлемым свойством любого ответственного менеджера является его стремление оценить возможные сценарий будущего развития событий. При этом он присваивает

каждому из сценариев определенную вероятность, основанную на его опыте и субъективных ожиданиях. Это обстоятельство вполне укладывается в рамки байесовских

принципов принятия решений [7,8]. Поэтому адекватное решение рассматриваемой задачи объективно предполагает использование принципов байесовской методологии.

### Материалы и методы исследований

Для решения задачи использована следующая модель производственно-экономических процессов в растениеводстве:

максимизировать ожидаемый суммарный объем доходов

$$E(y) = \sum_{r=1}^R y_r p_r \quad (1)$$

с учетом следующих условий:

1) по использованию материальных (в том числе – земельных) и трудовых ресурсов:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

2) по финансированию текущих производственных затрат в растениеводстве:

$$\sum_{j=1}^n w_j x_j - z \leq CR, \quad (3)$$

3) по размеру доходов в разрезе сценариев:

$$y_r = \sum_{j=1}^n c_{rj} x_j, \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (4)$$

4) по выполнению контрактных обязательств по поставкам продукции:

$$h_j x_j \geq d_j, \quad j \in J, \quad (5)$$

5) по емкости рынка продукции:

$$h_j x_j \leq g_j, \quad j \in J, \quad (6)$$

6) по формированию севооборотов:

$$x_j \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i, \quad j \in J, \quad (7)$$

7) по суммарному размеру экономического риска:

$$SD = \sqrt{\sum_{r=1}^R a_r (y_r - E(y))^2 p_r}, \quad (8)$$

8) по допустимому размеру суммарного риска:

$$SD \leq b, \quad (9)$$

где  $y_r$  - доход при реализации  $r$ -го сценария;

$E(y)$  - ожидаемый объем доходов;

$p_r$  - субъективная вероятность реализации  $r$ -го сценария;

$a_{ij}$  - расход  $i$ -го ресурса на 1 га  $j$ -й культуры;

$m$  - количество видов ресурсов;

$R$  - количество возможных сценариев;

$x_j$  - площадь посевов  $j$ -й культуры;

$c_{rj}$  - доход с единицы площади  $j$ -й культуры при реализации  $r$ -го сценария;

$d_j$  - объем контрактных обязательств по поставкам  $j$ -й продукции;

$n$  - количество видов культур;

$w_j$  - размер необходимых денежных ресурсов в расчете на единицу  $j$ -го производства;

$z$  - объем краткосрочного кредита (на оборотные средства и другие текущие затраты);

$CR$  - размер собственных свободных денежных ресурсов;

$a_j$  - минимальная (максимальная) доля  $j$ -й культуры в общей площади посевов;

$h_j$  - ожидаемая товарная урожайность  $j$ -й культуры;

$g_j$  - емкость рынка по  $j$ -й продукции;

$SD$  - размер стандартного отклонения суммарного дохода от его ожидаемой величины;

$b$  - допустимый размер риска (стандартного отклонения).

Допустимый размер риска удобнее представлять в относительном измерении. Тогда выражение (9) следует переписать следующим образом:

$$\frac{SD}{E(y)} \cdot 100 \text{ \textless b \textgreater} ,$$

где допустимый размер риска  $b$  выражается в процентах. При этом величину  $b$  следует интерпретировать как степень неприятия фермером риска (количественную меру уклонения крестьянина от принятия рискованных решений).

Применение на практике приведенной экономико-математической модели для анализа и принятия решений по рациональной организации производства в условиях неопределенности иллюстрируется на материалах товарного растениеводства ТОО «Северо-Казахстанская опытная станция». Базой для решения задачи на основе риск-модели (1)-(9) являются возможные исходы по

размерам маржинального дохода от выращивания основных сельскохозяйственных культур на предприятии, приведенные в таблице 1. Исходы по размерам маржинального дохода рассчитаны на основе данных наблюдений прошлых лет по производственно-экономическим показателям с использованием методических приемов представления неопределенности в моделях для принятия решений, описанных в работе [9], и соответствуют производственно-рыночным условиям растениеводства на предприятии в период с 2012 по 2018 г.г. Маржинальный доход рассчитан с учетом субсидий в размере, имевшем место в 2019 году.

Таблица 1 –Маржинальный доход по товарным культурам, тенге/га

Исход	Наименование продукции							
	пшеница	ячмень	овес	гречиха	горох	лен	рапс	картофель
7	55 930	103 589	93 221	34 256	50 532	67 987	102 838	374 084

6	79 426	95 445	102 610	47 377	39 705	83 703	117 406	297 208
5	61 760	76 040	94 902	43 885	47 100	84 103	110 406	44 017
4	49 266	79 799	89 812	31 007	54 132	59 121	37 227	69 123
3	50 855	97 228	103 481	43 262	39 813	80 183	119 041	766 957
2	65 752	78 516	121 098	39 878	32 288	59 548	91 199	439 370
1	77 847	81 770	76 949	49 678	47 564	60 023	70 565	438 672
Ожидаемый маржинальн ый доход	62 977	87 484	97 439	41 335	44 448	70 667	92 669	347 062
Стандартное отклонение	12 148	10 960	13 695	6 773	7 521	11 679	29 693	246 822
Вариабель- ность, %	19,3	12,5	14,1	16,4	16,9	16,5	32,0	71,1

## Результаты и обсуждение

В таблице 2 приведены результаты решения задачи по планированию и анализу оптимизации структуры и сочетания посевов сельскохозяйственных культур в ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция» на основе модели (1)-(9). Для отражения шансов проявления в плановом году условий, схожих с условиями прошлых лет наблюдений принято равномерное распределение вероятности, то есть каждому году наблюдений (исходу)

соответствует уровень вероятности равный 0,143. Задача решалась при следующих ограничениях:

1) по общему размеру пашни - 13088 га;

2) по минимальному размеру пашни: по пшенице не менее 9000 га;

3) по максимальному размеру пашни: по ячменю не более 2000 га, по овсу не более 500 га, по картофелю не более 100 га;

4) по емкости рынка: по гороху не более 300 тонн;

5) по размеру маржинального дохода в разрезе исходов в трех вариантах: не менее 742 млн. тенге,

не менее 700 млн. тенге и не менее 650 млн. тенге.

Таблица 2 - Оптимальные варианты структуры и сочетания посевов в зависимости от минимального размера дохода и размера допустимого риска, га

Вариант решения	Культуры								Маржинальный доход, млн. тенге	Абсолютный риск, тыс. тенге	Относительный риск, %
	пшеница	ячмень	овес	гречиха	горох	лен	рапс	картофель			
Ограничение по размеру маржинального дохода: не менее 742 млн. тенге											
1	9 000	2 000	500	0	79	1 409	0	100	928 274	108 608	11,7
2	9 000	2 000	500	0	0	1 452	36	100	931 122	109 513	11,8
Ограничение по размеру маржинального дохода: не менее 700 млн. тенге											
1	9 000	2 000	500	0	0	114	1 374	100	960 575	125 835	13,1
2	9 000	1 949	500	0	0	0	1 539	100	963 338	128 124	13,3
3	9 000	1 814	500	0	0	0	1 674	100	964 040	130 145	13,5
4	9 000	1 760	500	0	0	0	1 728	100	964 318	130 957	13,6
Ограничение по размеру маржинального дохода: не менее 650 млн. тенге											
1	9 000	2 000	500	0	0	205	1 283	100	958 573	124 615	13,0
2	9 000	1 814	500	0	0	0	1 674	100	964 040	130 145	13,5
3	9 000	1 488	500	0	0	0	2 000	100	965 728	135 202	14,0
4	9 000	1 178	500	0	0	0	2 310	100	967 338	140 264	14,5
5	9 000	879	500	0	0	0	2 609	100	968 888	145 333	15,0
6	9 000	586	500	0	0	0	2 902	100	970 407	150 468	15,5

Из результатов решения также видно, что в заданных

хозяйственных условиях принятие решения по оптимизации

структуры и сочетания посевов зависит не столько от степени задаваемого размера риска, сколько от задаваемого ограничительного условия по минимальному уровню маржинального дохода в разрезе исходных производственно-рыночных условий, необходимого для финансирования текущих расходов по поддержанию жизнедеятельности предприятия и удовлетворения его финансовых обязательств перед кредиторами.

Из таблицы видно наличие прямой связи между экономической эффективностью и устойчивостью результатов производства: чем выше размер ожидаемого суммарного маржинального дохода, тем выше размер риска и наоборот. При любом уровне задаваемого размера риска площади по пшенице, овсу и картофелю имеют размер, равный задаваемому ограничительными условиями. Это свидетельствует о том, что введенные условия по размеру пашни перечисленных культур ограничивают

эффективную организацию производства и размер ожидаемого маржинального дохода.

Имеет место конкуренция между ячменем, льном, рапсом и горохом в зависимости от размера риска, приемлемого для предпринимателя. По мере ослабления требования по величине риска доля рапса в структуре посевов увеличивается. И наоборот, чем больше размах вариации маржинального дохода, тем большую долю в структуре посевов будет занимать ячмень и лен. Гречиха и горох оказываются *относительно* невыгодными культурами: горох вошел в план только в одном варианте решения, гречиха не входит в план при любых вариантах решения задачи.

Более информативная формулировка проблемы выбора в рассматриваемой задаче выглядит следующим образом:

максимизировать ожидаемый суммарный объем доходов

$$E(y) = \sum_{r=1}^R y_r p_r \quad (10)$$

где  $y_r$  – доход при реализации  $r$ -го сценария;  $E(y)$  – ожидаемый объем доходов;  $p_r$  – субъективная вероятность реализации  $r$ -го сценария;  $R$  – количество возможных сценариев. При этом

$$y_r = \sum_{j=1}^n c_{rj} x_j, \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (11)$$



где  $x_j$  – размер посевов  $j$ -й культуры;  $c_{ij}$  – доход с единицы площади  $j$ -й культуры при реализации  $r$ -го сценария;  $n$  – количество видов культур.

Условие по финансированию текущих производственных затрат в растениеводстве:

$$\sum_{j=1}^n w_j x_j - z \leq CR, \quad (12)$$

где  $w_j$  – размер необходимых денежных ресурсов в расчете на единицу  $j$ -го производства;  $z$  – объем краткосрочного кредита (на оборотные средства и другие текущие затраты);  $CR$  – размер собственных свободных денежных ресурсов.

Условие по удовлетворению обязательств перед кредиторами, а также по финансированию других обязательных расходов для поддержания жизнедеятельности предприятия:

$$\sum_{r=1}^R y_r p_r + Kd^3 (1+q)z + S, \quad (13)$$

где  $d = \sqrt{V}$  – стандартное отклонение суммарных доходов в растениеводстве, где  $V = \sum_{r=1}^R (y_r - E(y))^2 p_r$ ;  $K$  – число стандартных отклонений. При этом для соблюдения методической корректности модели, величину  $K$  необходимо брать отрицательной для всех  $\alpha > 0,5$ , где  $\alpha$  – уровень риска. Подробное описание модели можно найти в работе [10].

Основное преимущество формулировки задачи в виде (10) – (13) состоит в том, что условие (13) позволяет выбрать тот план, который обеспечивает покрытие всех финансовых обязательств, а также удовлетворение будущих финансовых потребностей предприятия с вероятностью  $1 - \alpha$ ;  $q$  – ставка вознаграждения по краткосрочному кредиту;  $S$  – размер необходимых финансовых потребностей предприятия для

поддержания своей жизнедеятельности.

Число стандартных отклонений  $K$  может быть интерпретировано как степень неприятия риска или же, иначе говоря, как количественная мера уклонения менеджера от принятия рискованных решений. Если статистическое распределение дохода относительно средней нормальное, то величина  $E + Kd$ , где  $K > 0$  для всех  $\alpha > 0,5$ ,

представляет собой определенную часть статистического распределения дохода при реализации соответствующего плана. Задача, таким образом, состоит в том, чтобы найти план, который обеспечивает максимальный размер дохода такой, что вероятность события, при котором в действительности размер дохода окажется меньше требуемого, равна 0,05. Задавая различные значения  $K$ , можно найти множество комбинаций “доход - стандартное отклонение” и соответствующих оптимальных планов.

Приведенные способы поиска решения содержат в себе существенное ограничение для своего применения, состоящее в

### **Заключение**

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

1) принятие решения по оптимизации структуры и сочетания посевов зависит не только и не столько от степени задаваемого размера риска, сколько от задаваемого условия по минимальному уровню дохода в разрезе исходов производственно-рыночных условий, необходимого для финансирования текущих расходов по поддержанию жизнедеятельности предприятия и

том, что случайная величина (в нашем случае - суммарный доход) должна иметь нормальное распределение вероятностей – требование, которое не всегда удается соблюдать. Представляется, что модель (10)-(13) может найти себе применение в решении исследовательских задач. Для решения практических задач производственного планирования в сельскохозяйственных формированиях более применимы модели, характеризующиеся простотой и надежностью конструкции и используемых понятий, например, модель вида (1)-(9), несмотря на упомянутое ограничение.

удовлетворения его финансовых обязательств перед кредиторами;  
2) в условиях подзоны «черноземы обыкновенные» степной зоны северного Казахстана имеет место конкуренция между ячменем, льном, рапсом и горохом в зависимости от размера риска, приемлемого для предпринимателя. Чем больше величина риска, тем больше доля рапса в структуре посевов. И наоборот, чем больше допустимый размах вариации маржинального дохода, тем большую долю в структуре посевов будет занимать ячмень и лен.

Гречиха и горох оказываются культурами практически при относительно невыгодными любых условиях.

### Список литературы

1. Hardaker, J.B., Lien, G., Anderson, J.R., Huirne, R.B.M. Coping with Risk in Agriculture: Applied Decision Analysis. 3rd edition – Wallingford: CAB International, 2015. – 276 p.
2. Chavas, J.-P., Chambers, R.G., Pope, R.D. Production economics and farm management: a century of contributions // American Journal of Agricultural Economics. – 2010. – Vol. 92, issue 2. – P.356-375.
3. Кусаинов Т.А. Сельскохозяйственные решения в условиях неопределенности. – Астана: Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, 2017. - 135 с.
4. Lien G., J.B. Hardaker. Whole-farm planning under uncertainty: impacts of subsidy scheme and utility function on portfolio choice in Norwegian agriculture // European Review of Agricultural Economics. – 2001. – Vol. 28 (1). – P. 17-36.
5. Vick, S.G. Degrees of Belief: Subjective Probability and Engineering Judgment. – Reston, Va: ASCE Press, 2002. – 472 p.
6. Hardaker, J.B., Lien, G. Towards some principles of good practice for decision analysis in agriculture. Oslo: Norwegian Agricultural Economics Research Institute, 2005. – 36 p.
7. Winkler, R.L. An Introduction to Bayesian Inference and Decision, 2nd edn. – Gainesville, Florida: Probabilistic Publishing, 2003. – 464 p.
8. Smith, J.Q. Bayesian Decision Analysis: Principles and Practice. – Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press, 2010. – 335 p.
9. Кусаинов Т.А., Мусина Г.С. Представление неопределенности в моделях для принятия решений: методические аспекты с учетом условий растениеводства Северного Казахстана // Вестник науки Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина (междисциплинарный). – 2015. – №3(86). – С.101-112.
10. Кусаинов Т.А. Наука управления риском в сельском хозяйстве. Астана, 2001. – 127 с.

### References

1. Hardaker, J.B., Lien, G., Anderson, J.R., Huirne, R.B.M. Coping with Risk in Agriculture: Applied Decision Analysis. 3rd edition – Wallingford: CAB International, 2015. – 276 p.
2. Chavas, J.-P., Chambers, R.G., Pope, R.D. Production economics and farm management: a century of contributions // American Journal of Agricultural Economics. – 2010. – Vol. 92, issue 2. – P.356-375.
3. Kusainov T.A. Sel'skohozyajstvennyye resheniya v usloviyah neopredelennosti. – Astana: Kazahskij agrotekhnicheskij universitetim. S.Sejfullina, 2017. - 135 p.
4. Lien G., J.B. Hardaker. Whole-farm planning under uncertainty: impacts of subsidy scheme and utility function on portfolio choice in Norwegian agriculture // European Review of Agricultural Economics. – 2001. – Vol. 28 (1). – P. 17-36.
5. Vick, S.G. Degrees of Belief: Subjective Probability and Engineering Judgment. – Reston, Va: ASCE Press, 2002. – 472 p.
6. Hardaker, J.B., Lien, G. Towards some principles of good practice for decision analysis in agriculture. Oslo: Norwegian Agricultural Economics Research Institute, 2005. – 36 p.
7. Winkler, R.L. An Introduction to Bayesian Inference and Decision, 2nd edn. – Gainesville, Florida: Probabilistic Publishing, 2003. – 464 p.
8. Smith, J.Q. Bayesian Decision Analysis: Principles and Practice. – Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press, 2010. – 335 p.
9. Kusainov T.A., Musina G.S. Predstavlenie neopredelennosti v modelyah dlya prinyatiya reshenij: metodicheskie aspekty s uchetom uslovij rastenievodstva Severnogo Kazahstana // Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta imeni S.Sejfullina (mezhdisciplinarnyj). – 2015. – №3 (86). – P.101-112.
10. Kusainov T.A. Nauka upravleniya riskom v sel'skom hozyajstve. Astana, 2001. – 127 p.

## **ӨСІМДІК ШАРУАШЫЛЫҒЫНДАҒЫ ӨНДІРІС ҚҰРЫЛЫМЫН ЖОСПАРЛАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ: МІНДЕТ ҚОЮ ЖӘНЕ ШЕШУ**

*Мусина Г.С.*

*С.Сейфуллин атындағы Қазақагротехникалық университеті*

## Түйін

Жоспарлаудың практикалық міндеттерінің шешімін табу тек өндірістік және нарықтық процестердің стохастикалық қасиеттерін есепке алуды ғана емес, кәсіпорынның қаржылық міндеттемелерін қанағаттандыру қажеттіліктерін де қарастырады. Аталған жағдайлар байесов әдістемесінің ұстанымдарын пайдалануды және міндеттің сәйкес моделін қалыптастыруды объективті түрде қажет етеді. Құрылымын оңтайландыру және егістікті үйлестіру бойынша шешім қабылдау тек белгіленген тәуекел мөлшеріне ғана емес, өндірістік-нарықтық жағдайлар тұрғысында кәсіпорынның ағымдағы шығындарын қаржыландыру және оның кредиторлар алдындағы қаржылық міндеттемелерін қанағаттандыру үшін қажетті минималды кіріс деңгейі бойынша белгіленетін деңгейге тәуелді болады деген қорытынды жасалған. Бұл жағдайда Қазақстанның солтүстік өңірінің далалы аймағының «кәдімгі кара топырақ» кіші зоналары жағдайында арпа, зығыр, рапс және бұршақ арасында кәсіпкер үшін қолайлы тәуекел мөлшеріне тәуелді бәсекелестік орын алады. Тәуекел мәні неғұрлым жоғары болса, егістік құрылымындағы рапстың үлесі де артады. Және керісінше, маржиналды кіріс ауытқуы деңгейі неғұрлым жоғары болса, егістік құрылымында арпа және зығыр басым болады. Қарақұмық және бұршақ барлық жағдайда салыстырмалы тиімсіз дақылдар болып табылады.

**Негізгі ұғымдар:** өсімдік шаруашылығы, жоспарлау, тұрлаусыздық, математикалық модель, оңтайландыру, егістік құрылымы, кірістің кепілді мөлшері, экономикалық тәуекел, түрлендірме коэффициенті

## PLANNING AND ANALYSIS OF THE PRODUCTION STRUCTURE IN CROP PRODUCTION: PROBLEM STATEMENT AND SOLUTION

*Mussina G.*

*S.Seifullin Kazakh Agrotechnical university*

### Summary

Solving practical planning tasks involves taking into account not only the stochastic properties of the actual production and market processes, but also the need to meet the financial obligations of the enterprise. These circumstances objectively imply the use of the principles of Bayesian methodology and the construction of an appropriate model of the problem. It is concluded that the

decision to optimize the structure and combination of crops depends not only and not so much on the degree of the specified amount of risk, but on the specified condition for the minimum level of income in the context of the outcomes of production and market conditions necessary to finance the current expenses of the enterprise and meet its financial obligations to creditors. At the same time, in the conditions of the "ordinary chernozems" subzone of the steppe zone of Northern Kazakhstan, there is competition between barley, flax, rapeseed and peas, depending on the size of the risk acceptable to the entrepreneur. The greater the risk, the greater the share of rapeseed in the crop structure. Conversely, the greater the allowable range of margin income variation, the greater the share of barley and flax in the crop structure. Buckwheat and peas are relatively unprofitable crops under almost any conditions.

**Key words:** crop production, planning, uncertainty, mathematical model, optimization, crop structure, guaranteed income, economic risk, coefficient of variation