

УДК 621.43

DOI: 10.17022/6bvt-0q56

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА МЕТИЛОВОМ ЭФИРЕ РАПСОВОГО МАСЛА И МЕТАНОЛЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМАХ****В.А. Лиханов, О.П. Лопатин, А.С. Юрлов***Вятская государственная сельскохозяйственная академия  
610017, Киров, Российская Федерация*

**Аннотация.** Актуальность данной работы обусловлена тем, что парк автотранспортной техники постоянно увеличивается, а это, в свою очередь, вызывает снижение мировых запасов нефти и других видов топлива, влияет на рост их стоимости. Увеличение количества энергоустановок ухудшает и без того непростую экологическую ситуацию. Вопросы поиска новых альтернативных источников энергии и их эффективного использования при сохранении мощностных и экономических показателей работы двигателей внутреннего сгорания на уровне, соответствующем серийному двигателю, является важной научной задачей. В работе представлены результаты исследований дизельного двигателя, работающего на метиловом эфире рапсового масла и метаноле. Был установлен размер минимальной запальной порции метилового эфира рапсового масла, обеспечивающий устойчивую работу дизельного двигателя как при малых нагрузках, на холостом ходу, так и при использовании всего объема возможных нагрузок. Для исследуемого тракторного дизельного двигателя 2Ч 10,5/12,0 был разработан оптимальный состав биологического топлива. Наибольшие значения эффективности КПД (коэффициент полезного действия) двигателя были получены при оптимальном соотношении МЭРМ (метиловый эфир рапсового масла) (12%) и метанола (88 %), входящих в состав биологического топлива. Была детально исследована зависимость эффективности работы дизельного двигателя 2Ч 10,5/12,0 от изменений нагрузки, коэффициента наполнения, коэффициента избытка воздуха на основе анализа эффективного КПД тракторного дизеля, работающего на метиловом эфире рапсового масла и метаноле. Также была исследована динамика эффективности показателей работы дизельного двигателя в зависимости от изменений нагрузки, температуры, количества удельного и часового расходов топлива. При этом экспериментальным путем были установлены оптимальные показатели работы тракторного дизельного двигателя, использующего альтернативные виды топлива: МЭРМ и метанола. Их применение не приводит к изменению его мощностных характеристик, а некоторое увеличение количества расходуемого топлива при этом обусловлено значительно меньшей величиной теплоты, выделяемой при сгорании МЭРМ и метанола по сравнению с дизельным топливом.

**Ключевые слова:** дизель, метиловый эфир рапсового масла, метанол, мощностные показатели, экономические показатели.

**Введение.** В настоящее время дизельные двигатели широко применяются в качестве силовой энергетической установки. Постоянно увеличивающийся парк техники влияет на уменьшение мировых запасов нефти и других видов топлива и предопределяет рост цен на них. С другой стороны, в связи с постоянным увеличением количества энергоустановок и ухудшающейся экологической ситуацией не менее важной является проблема сохранения соответствующей нормативам чистоты отработавших газов (ОГ) дизельных двигателей. Вопросы поиска новых альтернативных источников энергии и их эффективного использования при сохранении мощностных и экономических показателей двигателей внутреннего сгорания на уровне, соответствующем серийному двигателю, является важной научной задачей [1], [2].

Одним из видов топлива, соответствующего всем необходимым требованиям, является спирт, а также виды топлива, получаемые из растительного сырья. Причём совместное применение таких видов топлива позволяет полностью исключить необходимость использования дизельного топлива [3], [5].

**Целью данной работы** является исследование эффективных показателей тракторного дизельного двигателя, работающего при различных нагрузочных режимах на метиловом эфире рапсового масла (МЭРМ) и метаноле.

**Материалы и методы.** Исследования были выполнены на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов Вятской ГСХА [4].

Для установления оптимальных параметров работы дизельного двигателя на первом этапе выполнения стендовых испытаний было определено оптимальное соотношение между запальным и основным видами топлива. При этом подача запального топлива, в качестве которого использовался метиловый эфир рапсового масла, фиксировалась и оставалась постоянной, а изменение нагрузочного режима велось путем изменения количества подаваемого метанола. Предыдущими исследованиями было установлено, что низшая теплота сгорания метилового эфира рапсового масла значительно выше, чем у метанола. В связи с этим мы пришли к выводу, что уменьшение количества запальной порции топлива вызывает увеличение объемов подачи метанола и приводит к увеличению суммарного объема расходуемого топлива и наоборот. Поэтому в качестве основного критериального индикатора при выборе оптимального количества запальной порции метилового эфира рапсового масла был принят эффективный КПД ( $\eta_e$ ). С этой целью в научно-исследовательской лаборатории

Вятской ГСХА фиксировались нагрузочные характеристики дизельного двигателя при различных цикловых порциях запального МЭРМ. При этом порция подаваемого запального топлива менялась от 0,8 до 2 кг/ч при номинальной частоте вращения коленчатого вала ( $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ ) и от 0,6 до 1,6 кг/ч – при частоте вращения, соответствующей максимальному крутящему моменту ( $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ), что составило от 7 до 19 мг/цикл. В процессе наших лабораторных исследований было установлено, что наибольшее значение эффективного КПД двигателя были получены при оптимальном соотношении МЭРМ (12%) и метанола (88%), входящих в состав биологического топлива [4].

Было исследовано влияние нагрузочных режимов на мощностные и экономические показатели тракторного дизельного двигателя, работающего как на дизельном топливе, так и на метаноле с МЭРМ.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На рисунках 1 и 2 представлены нагрузочные характеристики мощностных и экономических показателей работы тракторного дизельного двигателя, работающего на МЭРМ и метаноле.

При работе дизельного двигателя на МЭРМ и метаноле максимальное значение эффективного КПД соответствует минимальному удельному расходу топлива и составляет  $\eta_e = 33\%$ , а при работе на дизельном топливе в этом же режиме –  $\eta_e = 32\%$  (рисунок 1). Также необходимо отметить, что при работе дизельного двигателя на биотопливе (МЭРМ и метанол), происходит увеличение количества расходуемого топлива при использовании любых нагрузочных режимов (рисунок 2). При этом при нагрузке  $p_e = 0,115 \text{ МПа}$  суммарный расход топлива при работе двигателя на МЭРМ и метаноле составляет 5,1 кг/ч, а при работе на дизельном топливе в этом же режиме – 1,6 кг/ч.

При максимальной нагрузке  $p_e = 0,692 \text{ МПа}$  при работе двигателя на МЭРМ и метаноле наблюдается увеличение суммарного расхода топлива до 11,5 кг/ч, а при работе на дизельном топливе его расход составляет всего 6,5 кг/ч. Удельный эффективный расход биологического топлива при работе дизельного двигателя на МЭРМ и метаноле достигает своего минимального значения при номинальной нагрузке  $p_e = 0,594 \text{ МПа}$  и составляет 490 г/кВт·ч, а при работе на дизельном топливе при той же нагрузке –  $g_e = 260 \text{ г/кВт·ч}$ .

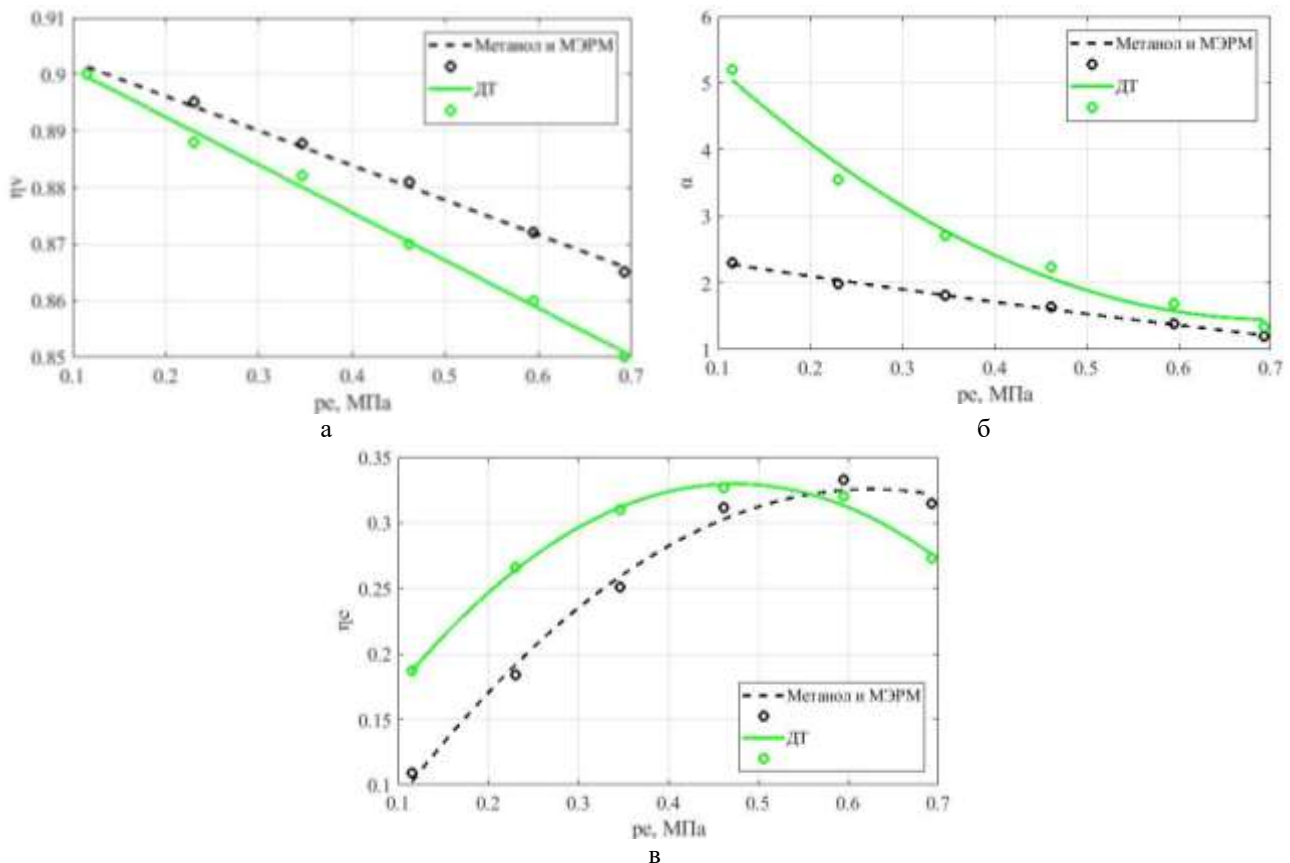


Рис. 1. Динамика эффективных показателей работы дизельного двигателя 2С 10,5/12,0 в зависимости от изменений нагрузки ( $p_e$ ) при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ : а – коэффициент наполнения; б – коэффициент избытка воздуха; в – эффективный КПД.

Таким образом, представленный анализ эффективности использования различных нагрузочных характеристик позволяет сделать вывод, что при работе тракторного дизеля 2С 10,5/12,0 на биологическом топливе, состоящем из МЭРМ и метанола, не происходит снижения мощностных показателей дизеля.

Дизельный двигатель продолжает устойчиво работать при всех нагрузочных режимах. Однако происходит значительное увеличение количества расходуемого биотоплива при любой нагрузке в сравнении с обычным дизтопливом. Данное увеличение количества расходуемого биологического топлива обусловлено значительно меньшей величиной теплоты, выделяемой при сгорании МЭРМ и метанола по сравнению с дизельным топливом (для метанола низшая теплота сгорания составляет  $H_u=19665$  кДж/кг, для МЭРМ –  $H_u=37500$  кДж/кг, для дизельного топлива –  $H_u=42500$  кДж/кг).

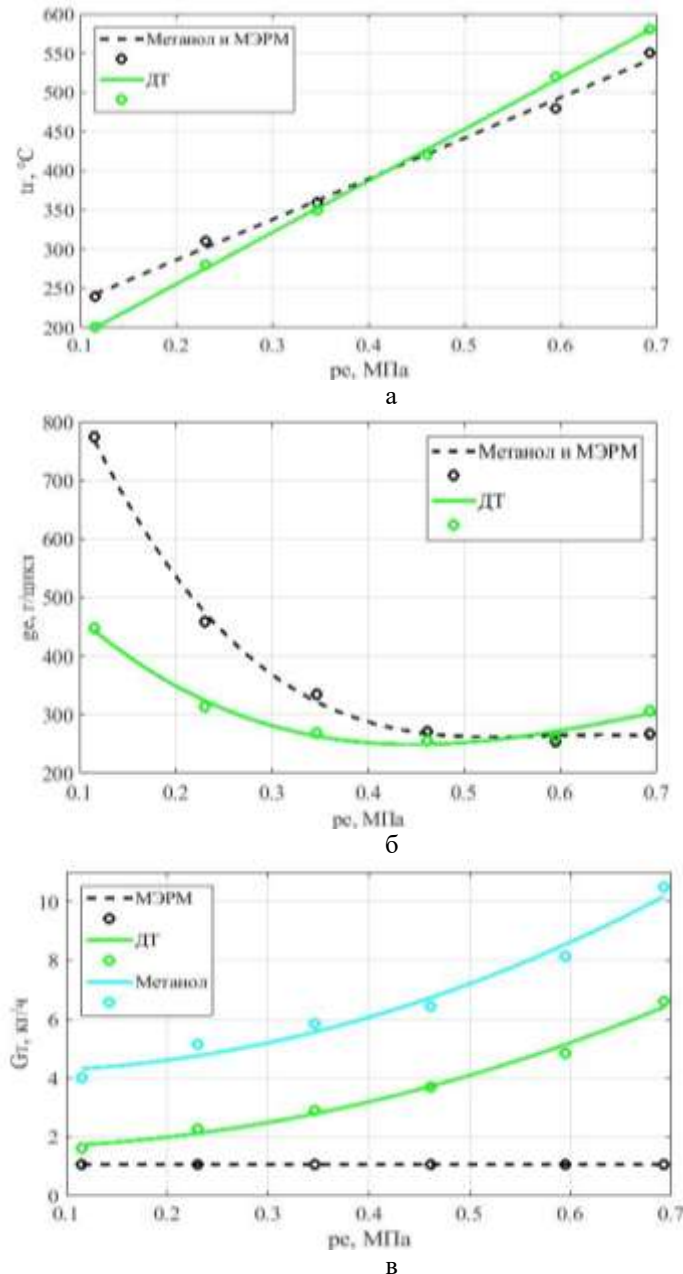


Рис. 2. Динамика эффективных показателей работы дизельного двигателя 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменений нагрузки ( $p_e$ ) при  $n=1800 \text{ мин}^{-1}$ : а – температура ОГ; б – удельный эффективный расход топлива; в – часовой расход топлива.

Оценивая процесс сгорания топлива в цилиндре дизеля, ориентируясь на значения эффективного КПД, следует отметить, что значения  $\eta_e$  при работе дизеля на МЭРМ и метаноле и на дизельном топливе сопоставимы. Когда дизельный двигатель работает на МЭРМ и метаноле при больших нагрузках, значения его эффективного КПД гораздо выше, чем при работе на дизельном топливе. Это обусловлено содержанием в молекуле метанола большего количества кислорода, что при больших нагрузках способствует более полному сгоранию топлива в цилиндре дизеля.

**Выводы.** Был определен в качестве оптимального следующий состав биологического топлива, который необходимо использовать при работе исследуемого тракторного дизеля: МЭРМ – 12 %, метанол – 88 %.

Была установлена минимальная запальная порция МЭРМ, обеспечивающая устойчивую деятельность дизельного двигателя, работающего на МЭРМ и метаноле.

Использование МЭРМ и метанола в качестве топлива для тракторного дизеля не приводит к потере его мощностных показателей, а увеличение количества расходуемого топлива при этом обусловлено лишь значительно меньшей величиной теплоты, выделяемой при сгорании МЭРМ и метанола по сравнению с дизельным топливом.

#### Литература

1. An Overview: Energy Saving and Pollution Reduction by Using Green Fuel Blends in Diesel Engines / J. K. Mwangi [et al.] // Applied Energy. – 2015. – V.159. – P. 214-236.
2. Influence of Biofuel Additions on the Ignition Delay of Single Diesel Fuel Drops / A. K. Kopeika [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – V. 88. – № 4. – P. 948-957.
3. Lif, A., Holmberg K. Water-in-diesel emulsions and related systems / A. Lif, K. Holmberg // Advances in Colloid and Interface Science. – 2006. – V. 123. – № 126. – P. 231-239.
4. Likhanov, V.A. Investigation of the speed regime of tractor diesel engine running on natural gas with recirculation / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Modern Technologies for Non-Destructive Testing: materials of VII International Conference. – 2018. – P. 012 – 011.
5. Physical and Chemical Properties of Ethanol-Diesel Fuel Blends / E. Torres-Jimenez [et al.] // Fuel. – 2011. – V. 90. – № 2. – P. 795-802.

#### Сведения об авторах

1. **Лиханов Виталий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Киров, Октябрьский проспект, 133.

2. **Лопатин Олег Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Киров, Октябрьский проспект, 133.

3. **Юрлов Анатолий Сергеевич**, аспирант кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Киров, Октябрьский проспект, 133.

#### STUDY OF EFFECTIVE INDICATORS OF THE TRACTOR DIESEL ENGINE OPERATING ON METHYL ETHER OF RAPESEED OIL (MERO) AND METHANOL AT VARIOUS LOADING MODES

**V.A. Likhanov, O.P. Lopatin, A.S. Yurlov**

*Vyatka State Agricultural Academy  
610017, Kirov, Russian Federation*

**Abstract.** *The relevance of this work is due to the fact that the fleet of motor vehicles is constantly increasing, and this, in turn, causes a decrease in world reserves of oil and other fuels, affects the growth of their cost. The increase in the number of power plants worsens the already difficult environmental situation. The search for new alternative energy sources and their effective use while maintaining the power and economic performance of internal combustion engines at the level corresponding to the serial engine is an important scientific task. The paper presents the results of studies of a diesel engine running on methyl ether of rapeseed oil and methanol. The size of the minimum ignition portion of methyl ether of rapeseed oil was established, which ensures stable operation of the diesel engine both at low loads, at idle, and when using the entire volume of possible loads. For the investigated tractor diesel engine 2H 10.5/12.0 the optimal composition of biological fuel was developed. The highest efficiency values of the engine efficiency were obtained at the optimal ratio of MERO (12%) and methanol (88%), which are part of the biological fuel. The dependence of the efficiency of the 2H 10.5/12.0 diesel engine on changes in load, filling coefficient, excess air coefficient was studied in detail on the basis of the analysis of the optimal efficiency of the tractor diesel powered by methyl ether of rapeseed oil and methanol. The dynamics of the efficiency of the diesel engine performance indicators depending on changes in load, temperature, the amount of specific and hourly fuel consumption was also studied. At the same time, the optimal performance of a tractor diesel engine using alternative fuels MERO and methanol was experimentally established. Their use does not lead to a change in its power characteristics, and some increase in the amount of fuel consumed at the same time is due to a much smaller amount of heat released during the combustion of MERO and methanol compared to diesel fuel.*

**Key words:** *diesel, methyl ether of rapeseed oil, methanol, power indicators, economic indicators.*

#### References

1. An Overview: Energy Saving and Pollution Reduction by Using Green Fuel Blends in Diesel Engines / J. K. Mwangi [et al.] // Applied Energy. – 2015. – V.159. – P. 214-236.

2. Influence of Biofuel Additions on the Ignition Delay of Single Diesel Fuel Drops / A. K. Kopeika [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – V. 88. – № 4. – R. 948-957.
3. Lif, A., Holmberg K. Water-in-diesel emulsions and related systems / A. Lif, K. Holmberg // Advances in Colloid and Interface Science. – 2006. – V. 123. – № 126. – P. 231-239.
4. Likhanov, V.A. Investigation of the speed regime of tractor diesel engine running on natural gas with recirculation / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Modern Technologies for Non-Destructive Testing: materials of VII International Conference. – 2018. – P. 012 – 011.
5. Physical and Chemical Properties of Ethanol-Diesel Fuel Blends / E. Torres-Jimenez [et al.] // Fuel. – 2011. – V. 90. – № 2. – P. 795-802.

#### **Information about authors**

1. **Likhanov Vitaly Anatolyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Thermal Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kiev, October prospect, 133.
2. **Lopatin Oleg Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Thermal Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kiev, October prospect, 133.
3. **Yurlov Anatoly Sergeevich**, Post graduate student of the Department of Thermal Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kiev, October prospect, 133.

УДК 631.3.06.001.66

DOI: 10.17022/s4tq-kf59

### **ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО УДОБРИТЕЛЬНО-ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА**

**Е.А. Петриченко<sup>1)</sup>, С.Н. Герук<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Уманский национальный университет садоводства  
20305, г. Уман, Украина

<sup>2)</sup>Житомирский агротехнический колледж  
10031, г. Житомир, Украина

**Аннотация.** Планирование урожайности, обоснование применения определенных видов минеральных удобрений, установление величины их доз, сроков и способов внесения невозможно без агрохимического анализа почв и применения зональных сортовых агротехнологий. В данной работе представлена схема удобрительно-посевного агрегата, который состоит из агрегирующего трактора, сеялки для внесения в почву основной дозы минеральных удобрений, к раме которой шарнирно присоединена сцепка сеялки зерновых культур. Для достижения необходимой глубины заделки основных доз удобрений первая сеялка оборудована однодисковыми сошниками. Передняя сеялка отрегулирована так, чтобы высев основной дозы минеральных удобрений осуществлялся на глубину 8-10 см с междурядьями в 25 см, задняя – на строчный высев семян на глубину в 5-6 см с междурядьями в 12,5 см и внесение стартовых минеральных удобрений в те же строки и на ту же глубину. Анализ экспериментально полученных данных о функциональной зависимости равномерности распределения удобрений (семена сои) вдоль строки показал, что с увеличением скорости движения  $V$  агрегата и глубины  $H$  закладки минеральных удобрений в почву равномерность их распределения на дне борозды увеличивается. Оптимальные значения скорости движения ( $V$ ) комбинированного агрегата составляют 2,5 ... 3,0 м/с, глубина ( $H$ ) высева семян – 4 ... 5 см, глубина ( $H$ ) закладки удобрений в почву – 8 ... 9 см. Полевые исследования доказали, что при применении комбинированного удобрительно-посевного агрегата урожайность яровой пшеницы увеличивается на 5,1 ц/га, ячменя – на 6,7 ц/га, по сравнению с использованием методов сплошного внесения стартовой нормы удобрений разбросным способом, предпосевной культивации и комбинированного сева с одновременным внесением основной нормы минеральных удобрений. По сравнению с посевом без внесения минеральных удобрений, урожайность яровой пшеницы увеличивалась на 6,9 ц/га, ячменя – на 10,6 ц/га, соответственно.

**Ключевые слова:** комбинированный машинно-тракторный агрегат, внесение удобрений, посев, параметры, дифференциальные уравнения, устойчивость движения.

Научно обоснованное применение минеральных удобрений для получения запланированного урожая предусматривает решение вопроса о величине вносимых доз, сроках и способах их внесения на основании имеющихся сведений о содержании питательных веществ, находящихся в почве, и о потребности в них растений в разные периоды своего развития. Эти вопросы решают специалисты хозяйств на основе агрохимического анализа почв и испытаний зональных сортовых агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур. Эффективность технологии удобрения почвы чаще всего оценивается экономической окупаемостью: соотношением стоимости дополнительной продукции, полученной за счет внесения удобрений, и затрат на их покупку.