

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.Н. Делягин

В статье рассмотрены вопросы оптимизации структуры топливно-энергетического баланса сельских районов. Приведены результаты оценки влияния объемов потребления топлива и электроэнергии на эффективность сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: электроэнергия, топливо, баланс, оптимизация, сельскохозяйственное производство.

Прогноз развития сельскохозяйственного производства

Производство пшеницы в России будет постепенно наращиваться. Средний объем экспорта в первой половине прогнозного периода вырастет до 11-13 млн в 2020 г. Увеличится производство мяса. К 2020 г. общее производство мяса вырастет до 8 - 9 млн т (в убойном весе), в том числе: говядины – 2,0 млн т, свинины – 3,2 млн т, мяса птицы – 3,4 млн т. По экспертным оценкам предполагается прекращение импорта свинины и мяса птицы после 2012 г.

К 2020 г. производство молока увеличится только до уровня 40-45 млн т. поголовье молочных коров вырастет незначительно (до 10 млн гол.), надои составят около 3900 кг от одной коровы в год.

В условиях современного роста цен на нефтепродукты следует ожидать очередного технологического сдвига в сельскохозяйственном производстве. Скорее всего он будет связан с более широким внедрением генетически-модифицированных сортов растений, энергосберегающей техники и технологий, которые позволят добиться ещё большего сокращения потребления энергии в расчете на единицу продукции.

Численность населения России к 2020 г. прогнозируется в размере 135-137 млн человек.

Перспективы сельскохозяйственной энергетики

Предполагается, что динамика энергопотребления сельскохозяйственного производства России будет во многом соответствовать аналогичному показателю США с временным лагом. Благодаря переходу на энергосберегающие технологии в 70-х гг. XX в. общее потребление энергии в сельском хозяйстве США сократилось в 1,3 раза. За этот же период объем производства продукции сельско-

го хозяйства в США вырос в 1,6 раза. В результате за последние 30 лет энергоёмкость сельскохозяйственной продукции в США снизилась почти в 2 раза. За этот же период изменилась и структура прямого потребления энергии: снизились доли бензина (с 41 % до 9 %), газа (с 15 % до 8 %) и выросли доли дизельного топлива (с 13 % до 27 %) и электричества (с 6 % до 21 %). Начиная с 1980 г. общие объемы использования минеральных удобрений и пестицидов неуклонно снижались. Следует ожидать аналогичной ситуации и в нашей стране по мере распространения американской модели. Темпы её распространения в будущем будут зависеть от соотношения роста цен на энергетические ресурсы, продовольствие.

Многими исследователями рассматривается вопрос о целесообразности производства первичных энергоносителей в сельскохозяйственном производстве. Однако уже сейчас развитие производства биотоплива вступает в конфликт с производством продовольствия. Очевидно, что только в Бразилии производство этанола из тростникового сахара является эффективным в силу определенного сочетания природно-климатических и глобальных экономических факторов. В остальных странах – главных производителях биотоплива (в США – этанол, в ЕС – биодизель) производство биотоплива является эффективной только в силу государственной поддержки производства сельхозпродукции и собственно биотоплива. Для почвенно-климатических условий Сибири использование биодизеля эффективно при урожайности семян рапса более 25 ц/га. При росте цен на продовольствие эта ситуация не сможет долго продержаться. Например, уже сейчас в Китае введен запрет на использование кукурузы для производства этанола, поскольку резко выросли цены на корма для животноводства. А в США, наоборот, поддерживают

производство этанола из кукурузы, поскольку, с одной стороны, есть огромное перепроизводство этой культуры с точки зрения потребления внутри страны, а с другой стороны, поставлена политическая задача снизить зависимость от нефти.

Сегодня предпринимаются попытки спрогнозировать развитие производства биотоплива на ближайшую перспективу. Оценки ОЭСР показывают, что в ближайшие 10 лет производство этанола в мире может вырасти до 123 млрд л, а производство биодизеля – до 21 млрд л. Однако эти данные показывают, что биотопливо не заменит в существенной степени мировые топливные ресурсы даже для транспортных целей. По оценке Администрации по энергетической информации (Energy Information Administration), к 2015 г. мировая потребность в топливе для транспорта будет составлять более 100 квадриллионов БТЕ. А этанол и биодизель суммарно будут давать к этому времени только 3,3 квадриллиона БТЕ (то есть примерно те же 3 %, что и сейчас). Из этого следует вывод, что использование сельскохозяйственных ресурсов для производства биотоплива не решает глобальные энергетические проблемы. Однако отвлечение огромного количества сельхозпродукции, которая может быть использована для производства продовольствия, создаст искусственный дефицит продовольственных продуктов в мире. Последствием такой ситуации могут стать социальные и политические конфликты, которые дестабилизируют обстановку во многих странах и приведут к огромным экономическим потерям и человеческим жертвам [1].

Какие изменения предполагаются в энергетической стратегии развития России применительно к аграрному сектору.

Прогнозный топливно-энергетический баланс России на период до 2030 г. предусматривает (в том числе):

- снижение доли газа в потреблении первичных топливно-энергетических ресурсов с 52 % в 2005 г. до 46 – 47 % к 2030 г.;

- увеличение доли нетопливных источников энергии в потреблении первичных топливно-энергетических ресурсов с 11 % до 13 – 14 % к 2030 г.;

- масштабное снижение удельной энергоёмкости экономики и энергетики (в 2,1 – 2,3 раза) при незначительном росте внутреннего потребления (в 1,4 – 1,6 раза), экспорта (в 1,1 – 1,2 раза) и производства энергоресурсов (в 1,3 – 1,4 раза);

- установки мощностью от 10 кВт до 60 – 70 МВт будут выполнять роль как локальных источников энергоснабжения, так и источников покрытия переменной части графика нагрузки, увеличивая тем самым коэффициент использования установленной мощности наиболее мощных энергоустановок. Доля распределенной генерации может достичь 15 % в производстве электроэнергии на тепловых электростанциях;

- доведение доли местных источников энергии в региональных топливно-энергетических балансах до 10 % обеспечит ограниченный рост среднотпускной цены электроэнергии для конечных потребителей на последующих этапах реализации стратегии до уровня 9 – 10 центов США за 1 кВт · ч к концу третьего этапа (при расчете в постоянных ценах 2008 г.);

- обеспечение соотношения внутренних цен на газ и уголь как 1,8 – 2,2.

Ситуация с электроснабжением сельскохозяйственного производства может ухудшиться в связи со следующими обстоятельствами:

- изменение формы собственности электроснабжающих организаций и отсутствие с их стороны мотиваций для поддержания расщепленных потребителей, себестоимость передачи электроэнергии для которых существенно выше чем для районных центров;

- ожидаемый массовый выход элементов системы электроснабжения (опоры, провод) в связи с исчерпанием предела механической прочности.

Реконструкция системы сельского электроснабжения в данном случае потребует около 1,3 трлн. рублей.

Для оценки влияния объемов потребления энергии в технологических процессах сельскохозяйственного производства и быта сельского населения на модели «Мир 33» был проведен вычислительный эксперимент. Общее число переменных в модели – более 1500. Принципы построения модели и основные положения представлены в [2].

Общая методика построения модели для оценки перспективной системы энергообеспечения основывается на идеях, принятых при построении динамической модели развития региона (**Meadows, 1974** г.). В качестве основных фазовых переменных выбраны: численность населения, общая и сельских районов – P и P_{agri} ; основные производственные фонды, общие и по отраслям – K_i ; объём оставшихся невозобновляемых энергетических ресурсов N_j ; накопленный объём загряз-

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

няющих веществ в биосфере – Z ; уровень производства продовольствия – F ; объем потребления энергии по отраслям – E_i , энергетическая эффективность сельскохозяйственного производства – bek .

Постановка задачи в общем виде:

Модель системы

$$dY/dt = F_0(t, Y, U),$$

где Y – вектор-функция фазовых переменных;

$U(t, Y, x$ – параметры управления) – вектор управлений;

Параметрами управления являются количественные и качественные характеристики системы энергообеспечения сельских районов – структура и объемы потребления энергоносителей, режимы энергопотребления, определяемые концепцией развития систем энергообеспечения, задаваемой системой ограничений на величину используемого энергоносителя и приоритетом целей.

В качестве ограничений признано целесообразным использовать следующие:

$Z < Z^{max}$ – ограничения на максимум загрязнений;

$M > M^{min}$ – ограничения на минимальный уровень жизни;

$F > F^{min}$ – ограничения на минимальный уровень питания;

$dP/dt > c_p$ – темп прироста населения не меньше заданного;

$E > E^{min}$ – ограничения на минимальное энергопотребление;

$F_{производство} / F_{(производство+импорт)} > 0,75$ – условие продовольственной безопасности;

$QLF > c_{qlf}$ – ограничения на минимальный показатель качества жизни;

$dGDP/dt > c_{GDP}$ – темп прироста валового внутреннего продукта не менее заданного;

$bek > bek^{min}$ – энергетическая эффективность c/x производства не менее заданного;

$GDP / E > c_{GDP, E}$ – энергетическая эффективность n/x производства не менее заданного.

На каждом шаге моделирования проверяется и корректируется баланс по фондам, труду и потребленным энергоресурсам:

$\sum_I^m (\lambda K)_i = 1$ – баланс по основным производственным фондам отраслей ($i=1 \dots m$);

$\sum_I^m (\lambda L)_i = 1$ – баланс по трудовым ресурсам отраслей;

$$\sum_I^m (\lambda E)_i = 1 \text{ – баланс по потребленным}$$

энергетическим ресурсам отраслей, где λ – доля отрасли в фондах, трудовых ресурсов и энергопотреблении.

Используемый математический аппарат – нелинейные дифференциальные уравнения первой степени.

При проведении эксперимента задавались различные кратности нагрузок систем энергообеспечения сельских районов относительно 2010 г. и расчетный период (5, 10 и 20 лет). В качестве выходных параметров, в том числе оценивались следующие макроэкономические показатели:

- ожидаемая продолжительность жизни;
- удельный валовой внутренний продукт;
- калорийность рациона;
- удельное энергопотребление;
- качество жизни [2];
- мультипликативное качество жизни (МКЖ). Показатель качества жизни умноженный на численность населения;
- накопленное МКЖ за период имитации;
- годовое потребление топлива для сельских районов;
- производство основных видов сельскохозяйственной продукции (молоко, мясо свинины и птицы, говядина);
- площадь занятая под зерновые культуры.

Фрагмент результатов расчета представлен в таблица 1-2. Одновременно с расчетом макроэкономических показателей определялась рациональная структура потребления энергоресурсов сельских районов.

Основные выводы по расчетам на имитационной модели:

1. Ожидаемая продолжительность жизни населения повышается при уменьшении удельного энергопотребления в технологических процессах сельскохозяйственного производства и быта сельского населения (переход к новым энергосберегающим технологиям). Снижение удельного энергопотребления на 30 % обеспечивает увеличение расчетной продолжительности жизни населения с 61,89 до 62,24 лет (0,56 %).

2. Увеличение объемов потребления энергии пропорционально увеличивает объем производства молока, свинины и мяса птицы. На производство говядины объем энергопотребления практически не сказывается.

3. Калорийность рациона увеличивается пропорционально потреблению энергии в сфере АПК.

ДЕЛЯГИН В.Н.

4. Показатели, характеризующие качество жизни улучшаются при снижении удельного энергопотребления до 30 % и при увеличении общего энергопотребления на 30 % и более.

5. Перспективное удельное топливо- и электропотребление составляет величины соответственно 3,5...4,7 т у.т./чел*год) и 1900...2300 кВт-ч/(чел*год). Увеличение топливопотребления составит за 20 лет 120..160 %, электропотребления – 100...120 %.

6. Увеличение потребления энергии, при принятых допущениях о темпе технологического прогресса.

7. Существующие тенденции на международном рынке энергоносителей и эффек-

тивность сельскохозяйственного сектора производства продукции обуславливают увеличение использования угля в тепловых процессах сельскохозяйственного производства и быта сельского населения (уменьшение использования газа с 60...70 % до 25...30 % с соответствующим увеличением доли угля и его производных – до 30 %, возобновляемых источников – 12...18 % и биомассы деревьев – 7...9 %).

8. Доля потребления нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо, мазут) во всех вариантах расчета стабилизируются на уровне 11...14 %. Доля электроэнергии остается практически неизменной на уровне 5...7 %.

Таблица 1 – Результаты оценки влияния объемов энергопотребления на эффективность АПК

Показатели	Значение показателя									
	2	2	1,5	1,5	1,3	1,3	1	1	0,7	0,7
Кратность нагрузок, о.е.	2	2	1,5	1,5	1,3	1,3	1	1	0,7	0,7
Расчетный период, лет	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	60,77	61,37	60,32	60,84	60,42	61,65	61,049	61,89	60,65	62,24
Калорийность рациона, ккал/чел	2166	2931	2085	2740	2091	2761	2185	2726	2112	2710
Энергопотребление общее, ГДж/(чел*год)	184	182	169	164	154	144	143	129	132	117
Качество жизни, о.е.	0,74	0,94	0,7	0,91	0,71	0,94	0,77	0,94	0,73	0,95
Производство молока, млн т	27,17	51,51	27,09	50,91	27,12	50,78	27,02	50,63	27,14	48,76
Производство свинины и птицы, млн. т	3,51	7,05	3,21	5,81	3,31	6,04	3,87	5,87	3,57	5,78
Производство говядины, млн т	2,07	4,38	2,04	4,35	2,11	4,47	2,25	4,65	2,19	4,48
Накопленное МКЖ, о.е.	1,563	2,034	1,412	1,895	1,426	1,948	1,567	1,496	1,496	2,021
Потребление топлива АПК, млн т у.т.	114,3	133	89,27	99,39	64,23	72,21	48,86	33,76	33,76	38,04
Производство зерна, млн т	66,09	103,88	57,83	87,4	57,91	88,5	65,87	84,62	59,06	85,43
Площадь занятая зерновыми, млн га	32,37	30,98	32,38	31,13	32,4	31,28	32,41	31,4	32,42	31,4
Удельное потребление топлива (АПК), т у.т./чел.	3,801	4,748	2,934	3,513	2,118	2,563	1,632	1,941	1,126	1,416
Удельное потребление /энергии(АПК), кВт-ч/(чел*год).	1063	2276	897	1881	679	1431	516	1056	352	757

Таблица 2 – Рациональные структуры ТЭБ России по вариантам расчета

Показатели	Значение показателя									
	2	2	1,5	1,5	1,3	1,3	1	1	0,7	0,7
Кратность нагрузок	2	2	1,5	1,5	1,3	1,3	1	1	0,7	0,7
Временной интервал	10	20	20	10	10	20	20	10	10	20
Уголь	0,318	0,298	0,242	0,242	0,136	0,142	0	0	0	0
Нефтепродукты	0,115	0,105	0,11	0,102	0,117	0,108	0,103	0,139	0,103	0,114
Газ	0,289	0,268	0,381	0,359	0,527	0,494	0,655	0,635	0,67	0,636
Биомасса деревьев	0,097	0,089	0,092	0,074	0,035	0,02	0	0	0	0
Электроэнергия	0,045	0,061	0,051	0,069	0,054	0,073	0,056	0,075	0,055	0,075
Возобновляемые источники	0,136	0,179	0,123	0,154	0,131	0,164	0,162	0,187	0,161	0,193

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Общие выводы

На период до 20 лет в структуре потребления энергоресурсов сельских районов могут произойти существенные изменения, обусловленные напряженным продовольственным и энергетическим балансом. Эффективность использования возобновляемых энергоресурсов биологического происхождения будет определяться, в первую очередь, напряженным продовольственным балансом. Наиболее эффективный энергоресурс – природный газ может быть замещен в структуре ТЭБ сельских районов возобновляемыми источниками (ветер, солнечная энергия и биомасса деревьев) и продуктами переработки угля и его производных.

Использование биодизельного топлива может быть целесообразным только лишь при необходимости создания сельскохозяйственных предприятий с замкнутым энергетическим циклом.

Использование угля – основного замещающего природный газ топлива – целесообразно формировать на основе наиболее легко реализуемых, экологически более чистых способов – водоугольных суспензий. Общий объем использования подобного

топлива может составить до 30 % общего потребления угля.

Для сохранения устойчивого производства сельскохозяйственной продукции необходимо принять общегосударственную программу реконструкции системы электроснабжения сельских районов, аналогично принятой и реализованной в 60-70 годах прошлого века. Задержка с реализацией данного проекта по истечению 20...30 лет может обернуться очень серьезными последствиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылатых, Э. Перспективы развития мирового сельского хозяйства до 2050 года: возможности, угрозы, приоритеты / Э Крылатых, С. Строков // Аграрное обозрение, ноябрь-декабрь, 2009.

2. Делягин, В.Н. Оптимизация параметров систем энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей (тепловые процессы) / В.Н. Делягин. – Новосибирск: РАСХН Сиб. Отд-ние. СибИМЭ, 2005. – 300 с.

Делягин В.Н., д.т.н., зав. лаб. «Энергетики и электрификации», Новосибирский государственный технический университет, тел. 8(383) 348-40-78, E-mail: valdel@ngs.ru.