

УДК 378.145 (086.5)

Т.Н.ЕФРЕМЕНКО, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

В.Г.БОРИСОВ, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛОСТОЧНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ, СОЗДАНЫХ НА БАЗЕ АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Предлагается математическая модель, позволяющая определить экономически эффективную структуру агроэнергетического комплекса с учетом минимизации затрат на охлаждение циркуляционных вод и максимизации доходов, получаемых от выращивания сельскохозяйственных культур.

Развитие производительных сил отдельных регионов Украины в значительной мере зависит от экологической обстановки в регионе и воздействия, оказываемого производительными силами на окружающую среду, в том числе и на водные объекты. Результаты научных исследований, изложенные в работах [1, 2], не полностью освещают данную проблему и не обеспечивают ее эффективное решение, что требует дополнительных углубленных исследований. В связи с этим целью настоящей работы является исследование экономической эффективности малосточных водохозяйственных систем, созданных на базе агроэнергетических комплексов, с учетом воздействий внешней среды и откликов внутренних параметров системы.

Решение проблемы охраны окружающей среды лежит на пути создания новых технологий производства, технологий обработки и утилизации отходов, в том числе сточных вод, и новых технологий водопользования. Важнейшим направлением решения этой проблемы является создание межотраслевых водохозяйственных систем, позволяющих в сочетании с внедрением новых технологий производства не только решить проблему охраны вод, но и в ряде случаев удешевить производство конечной продукции. При создании бессточных или малосточных межотраслевых систем затраты на решение проблемы становятся экономически оправданными не только за счет снижения трудноучитываемых ущербов от загрязнения окружающей среды, возникающих у прочих водопользователей, но и за счет существенного повышения эффективности производства в межотраслевом производственном комплексе.

Высокоэффективными с экономической и экологической точек зрения являются межотраслевые системы водопользования, объединяющие объекты энергетики, сельского и рыбного хозяйств [1]. Важ-

нейшим вопросом для этих систем является утилизация тепла подогретых вод тепло- и атомных электростанций. Особый интерес представляют межотраслевые водохозяйственные системы, включающие водохозяйственные системы энергообъектов и сельского хозяйства [2]. В таких системах, определяемых как агроэнергетические комплексы, производственная технология одной отрасли в то же время является водоохранной технологией для другой.

Водохозяйственные системы энергообъектов при оборотной системе охлаждения в качестве охлаждающего устройства используют водоем-охладитель. В качестве дополнительных охлаждающих устройств могут быть рассмотрены различные типы градирен: капельные, пленочные, подземные, отличающиеся техническими характеристиками. Подача воды для использования сельскому хозяйству может рассматриваться как дополнительная продувка водоема-охладителя, осуществляемая без сброса сточных вод в водные объекты. При этом существуют альтернативные технологии: орошение сельскохозяйственных культур теплыми водами, орошение теплыми водами с предварительным обогревом грунта и орошение непосредственно из водоема-охладителя. Задача заключается в выборе наиболее эффективной водоохранной технологии, позволяющей снизить антропогенную нагрузку на водный объект.

При разработке и создании агроэнергетических комплексов возникает, во-первых, задача создания новых либо использования существующих технологий производства и технологий водоподготовки по каждому из элементов агроэнергетического комплекса, во-вторых – задача проектирования оптимальной системы из элементов комплекса, которая заключается в следующем. При заданном объеме отводимых от ТЭС (АЭС) подогретых вод, заданном множестве технологий охлаждения и использования подогретых вод, заданных требованиях на состав продувочных вод, сбрасываемых в водный объект, на качество вод, используемых для охлаждения, а также при заданных целях производства сельскохозяйственной продукции в условиях ограниченности земельных ресурсов необходимо определить наиболее эффективные по выбранному критерию технологии охлаждения циркуляционных вод, технологии использования подогретых вод в сельском хозяйстве, а также режим работы водоема-охладителя. Данная задача может решаться интуитивно, на основе инженерного опыта проектировщика, либо на основе выбора наиболее эффективной структуры агроэнергетического комплекса с использованием математических моделей.

Рассмотрим математическую модель, позволяющую определить наиболее эффективную структуру агроэнергетического комплекса с

точки зрения минимизации совокупных затрат и получения доходов от реализации полезной продукции.

При построении модели используем балансовые уравнения аналогично [3]. При этом будем исходить из гипотезы об установившемся режиме тепло-, водо-, массобаланса. Введем следующие переменные: V_1, V_2 – объемы подогретых вод, направляемых для охлаждения на градирни капельные и пленочные соответственно; $V_3 - V_{11}$ – объемы вод, направляемых для охлаждения по различным технологиям подпочвенного обогрева ($T_1 - T_9$) (рассматривали девять технологий, отличающихся диаметром труб подпочвенного обогрева и скоростью течения в них).

Пусть $I = \{i\}$ – множество сельскохозяйственных культур, возможных для выращивания в данном регионе. Для каждой культуры определим различные способы их выращивания s , а именно: $s = 1$ – с использованием орошения теплыми водами, $s = 2$ – орошение теплыми водами с обогревом грунта, $s = 3$ – выращивание путем традиционного орошения. Введем переменную x_{is} , которая будет характеризовать объем вод, направляемых для орошения i -й культуры по s -му способу.

Ограничения модели включают:

- баланс подогретых вод ТЭС (АЭС)

$$\sum_{k=1}^{11} V_k + \sum_{i \in I} \sum_{s=1}^2 x_{is} = Y, \quad (1)$$

где Y – заданный расход циркуляционной воды, соответствующий заданной производственной мощности ТЭС (АЭС);

- баланс воды водоема-охладителя с учетом коэффициентов потерь

$$-\sum_{k=1}^2 \eta_k V_k - \sum_{i \in I} \sum_{s=1}^3 x_{is} - V^{np} + V^{nn} = W, \quad (2)$$

где η_k – коэффициенты потерь при охлаждении воды на градирнях k -го типа; V^{np}, V^{nn} – объемы соответственно продувочных и подпиточных вод, определяемые в процессе решения задачи; W – величина испарения с поверхности водоема-охладителя, заранее известная для исследуемого водоема;

- условие, при котором выполняются требования к качеству охлаждающей воды по заданным показателям

$$-c_v^{TЭС} \sum_{i \in I} \sum_{s=1}^2 x_{is} - c_v^{зад.} \sum_{i \in I} x_{i,s=3} + c_v^{nn} V^{nn} - c_v^{зад.} V^{np} \leq 0, \quad v \in \Theta, \quad (3)$$

где $\Theta = \{v\}$ – множество заданных показателей качества охлаждающей воды; $c_v^{TЭС}$, c_v^{nn} – концентрация v -го показателя соответственно в воде, сбрасываемой с ТЭС, и в подпиточной воде; $c_v^{зад.}$ – требуемая концентрация v -го показателя качества охлаждающей воды. Последнее слагаемое в выражении (3) представляет собой величину массового расхода загрязняющих веществ, сбрасываемых в водный объект. На него накладывается ограничение вида

$$c_v^{зад.} V^{np} \leq ПДС_v, \quad v \in \Theta, \quad (4)$$

где $ПДС_v$ – величина предельно допустимого сброса загрязняющего вещества v -го вида в водный объект. Ограничение (4) учитывает требования охраны поверхностных вод от загрязнений и обеспечивает достижение предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ с возможностью полного прекращения сброса таких веществ в перспективе;

- ограничения на выпуск сельскохозяйственной продукции

$$\sum_{s=1}^3 a_{is} x_{is} \geq B_i, \quad i \in I, \quad (5)$$

где a_{is} – урожайность i -ой культуры, выращиваемой по s -му способу; B_i – заданный урожай i -й культуры;

- ограничение на используемую площадь (земельные ресурсы)

$$\sum_{i \in I} \sum_{s=1}^3 b_{is} x_{is} \leq S, \quad (6)$$

где b_{is} – удельная площадь полива при выращивании i -й культуры по s -му способу; S – общая возможная для использования площадь;

- условие, обеспечивающее выращивание культур по второму способу (орошение теплыми водами и обогрев грунта)

$$\sum_{i \in I} b_{i,s=2} x_{i,s=2} - \sum_{k=3}^{11} \alpha_k V_k = 0, \quad (7)$$

где α_k – коэффициент, характеризующий площадь, обогреваемую единичным расходом подогретых вод.

Для выбора экономически эффективной структуры агроэнергетического комплекса (технологий охлаждения циркуляционных вод и технологий использования подогретых вод в сельском хозяйстве) введем следующую целевую функцию

$$\left\{ \sum_{k=1}^{11} d_k V_k - \sum_{i \in I} \sum_{s=1}^3 p_{is} x_{is} \right\} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где d_k – капитальные и текущие затраты, приходящиеся на единицу объема циркуляционных вод, направляемых на охлаждение по k -й технологии; p_{is} – доход, получаемый от выращивания i -й культуры по s -му способу при использовании единичного объема циркуляционных вод.

Данная функция характеризует минимизацию затрат при охлаждении циркуляционных вод с получением максимального дохода от выращивания сельскохозяйственных культур.

Приведенная математическая модель позволяет при заданном объеме отводимых от ТЭС (АЭС) подогретых вод, заданном множестве технологий охлаждения и использования подогретых вод, заданных требованиях на состав сточных (продувочных) вод, сбрасываемых в водный объект, на качество вод, используемых для охлаждения, заданной производственной программе на выпуск сельскохозяйственной продукции в условиях ограниченности земельных ресурсов определить наиболее эффективные по выбранному критерию (8) технологии охлаждения циркуляционных вод, технологии использования подогретых вод в сельском хозяйстве, а также режим работы водоема-охладителя.

1. Турбин Н.В., Ремизов Ю.В. Энергобиологические комплексы при атомных электростанциях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. – №7. – С.8-13.

2. Сухоруков Г.А., Ефременко Т.Н. Модель оптимизации развития энергобиологического комплекса // Мало- и безотходные технологии в энергетике как средство защиты окружающей среды и повышения топливоиспользования: Материалы Всесоюз. совещ., Москва, окт. 1984. – М., 1985. – С.149-155.

3. Борисов В.Г., Ефременко Т.Н. Управление экономикой крупного города на основе балансовой модели ресурсов // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Вып.18. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – С.7-12.

Получено 28.12.2005