ПРОБЛЕМЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

ISSUES OF AGRICULTURE

Статья поступила в редакцию 14.07.15. Ред. рег. № 2288 The article has entered in publishing office 14.07.15. Ed. reg. No. 2288

УДК 631.171 doi: 10.15518/isjaee.2015.13-14.016

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В.А. Королев

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ)
129128 Москва, 1-й Вешняковский проезд, д. 2
Тел.: (499) 171-15-11, e-mail: vieshvk@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 17.07.15 Заключение совета экспертов: 20.07.15 Принято к публикации: 23.07.15

Рассмотрено применение агрегатных моделей и использование стандартных математических зависимостей для описания процессов и управления технологическим оборудованием в составе единых агротехнологических систем.

Ключевые слова: агротехноценоз, биоценоз, техноценоз, управление, агрегатная модель.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

IMPROVING OF THE EFFICIENCY OF THE SYSTEMS CONTROL FOR AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL PROCESSES

V.A. Korolev

All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture (VIESH)
2, 1st Veshnyakovskii str., Moscow, 129128, Russia
Tel.: (499) 171-15-11, e-mail: vieshvk@yandex.ru

Referred: 17.07.15 Expertise: 20.07.15 Accepted: 23.07.15

Application of modular models, use in them of standard mathematical dependences for consideration and the forecast of a course of processes as a part of uniform agro technological systems is considered.

Keywords: agrarian technological system, biological system, technical system, management.

Владимир Александрович Королев
Vladimir A. Korolev

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией ВИЭСХ.
Профессиональный опыт – более 30 лет.
Образование: Фрунзенский политехнический институт (1971).
Область научных интересов: математика, компьютерные технологии.
Публикации: более 230.

Information about the author: candidate of technical sciences, assistant professor, head of the laboratory VIESH.
Professional experience – more than 30 years.
Education: Frunze Polytechnic Institute (1971).
Research area: mathematics, computer technologies.
Publications: more than 230.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Введение

Удовлетворение естественных потребностей роста и развития объекта аграрного производства (ОАП), обеспечение его потенциально возможной продуктивности в ходе реализации агропроцессов требуют физиологически и экономически обоснованных затрат (ввода) материальных и энергетических ресурсов, информации. В циклах производства агропродукции эти затраты зависят от вида ОАП, конкретных технологий и природно-климатических условий его возделывания.

Главным резервом снижения техногенной энергоемкости и увеличения урожайности сельскохозяйственной продукции является повышение биоэнергетического КПД преобразования природной энергии автотрофными фотосинтезирующими растениями (при производстве продукции растениеводства используют 97-98% энергии солнечного излучения и только до 2-3% техногенной). Техногенную энергию в сельскохозяйственном производстве целесообразно рассматривать как энергию управления технологическими процессами для высокоэффективного преобразования организмами: солнечной энергии – растениями, энергии кормов – животными [1, 2].

Биоценозы и техноценозы

Современные подходы к решению проблем увеличения объемов производства и качества, уменьшения стоимости сельскохозяйственной продукции, негативных воздействий агротехнологий на окружающую среду предусматривают рассмотрение преобразования энергии в агропроцессах в составе единых агротехнологических систем. Агротехноценозы (АТЦ) – ограниченные в пространстве и времени сложные открытые системы, функционирующие в изменяющихся климатических и почвенных условиях конкретного региона, объединяют биоценозы (природные объекты: окружающая среда, растительные и животные организмы ОАП) и техноценозы (техногенные объекты: искусственные сообщества рабочих машин (РМ), создаваемые человеком для повышения эффективности агропроцессов) [1].

Техноценозы устойчивы в развитии, их построение подчинено объективно существующим закономерностям формирования технических систем [3, 4]. Элементы техноценозов, как правило, самостоятельные динамические системы, рассредоточены в пространстве, их функционирование происходит в среде неуправляемых стохастических параметров в условиях недостатка информации о ходе процессов и распределено во времени.

Высокоэффективным техноценозам присущи искусственные технико-технологические адаптивные функции опережающего отражения действительности, формирования алгоритмов достижения требуемых потребительских целей в заданном целелогическом направлении [5].

Приспособительные способности техногенного оборудования к биоэкотехнологиям отражают логические соотношения адаптивных актов сохранения наследуемости выполняемых операций и эволюции конкретных видов сельскохозяйственной продукции. Повторяемость процедур в циклах технологических операций усиливает качество адаптации приобретаемых на практике технологических знаний и опыта к системно организованной базе знаний, реальной производственной базе [5]. В этих условиях важна роль превентивно опережающего управления элементами техногенной части АТЦ с использованием прогноза развития самоорганизующихся процессов в структурах биоценозов.

Системы управления АТЦ

Оборудование техноценозов функционирует согласно штатным (типовым) перечням (комплексам, циклам) технологических операций, включающим последовательности действий, регламентируемые технологическими картами выполняемых процессов. Если реализация штатного цикла операций, независимо от того, началось их выполнение или нет, невозможна, типовую последовательность корректируют: между фазами процесса, где установлено это событие, внедряют фазы или отдельные операции, не предусмотренные штатным циклом.

Системы, обеспечивающие актуальные циклограммы работы, располагают на верхнем уровне управления техноценозом (непосредственная связь с самоорганизующимися процессами природного происхождения) либо – на верхнем уровне управления группами технологического оборудования (связь с циклами технологических операций).

Системы управления агропроцессами объединяют большое число элементов, описываемых разными математическими моделями. Это – сложные, требующие значительных затрат времени, ресурсов, высокой квалификации специалистов при разработке, отладке и эксплуатации уникальные структуры, ориентируемые на конкретные применения и алгоритмы управления.

В большинстве случаев агропроцессы, даже объединенные общей технологией, реализуются как самостоятельные технологические операции, взаимосвязи между которыми проявляются неявно и которые выполняют специализированные РМ через самостоятельные управляющие воздействия. Например, в период возделывания растений производят подготовку почвы, посадку растений, обслуживание различных стадий их вегетации и др. В связи с этим структуры техноценозов на практике формируют в виде направленных систем – упорядоченных множеств управляемых, имеющих общую цель функционирования РМ, ориентируемых на выполнение определенных функций или конкретных технологических операций. Соответственно, задача управления агропроцессами объединяет подзадачи

с локальными целью и критерием качества управления для РМ и операций.

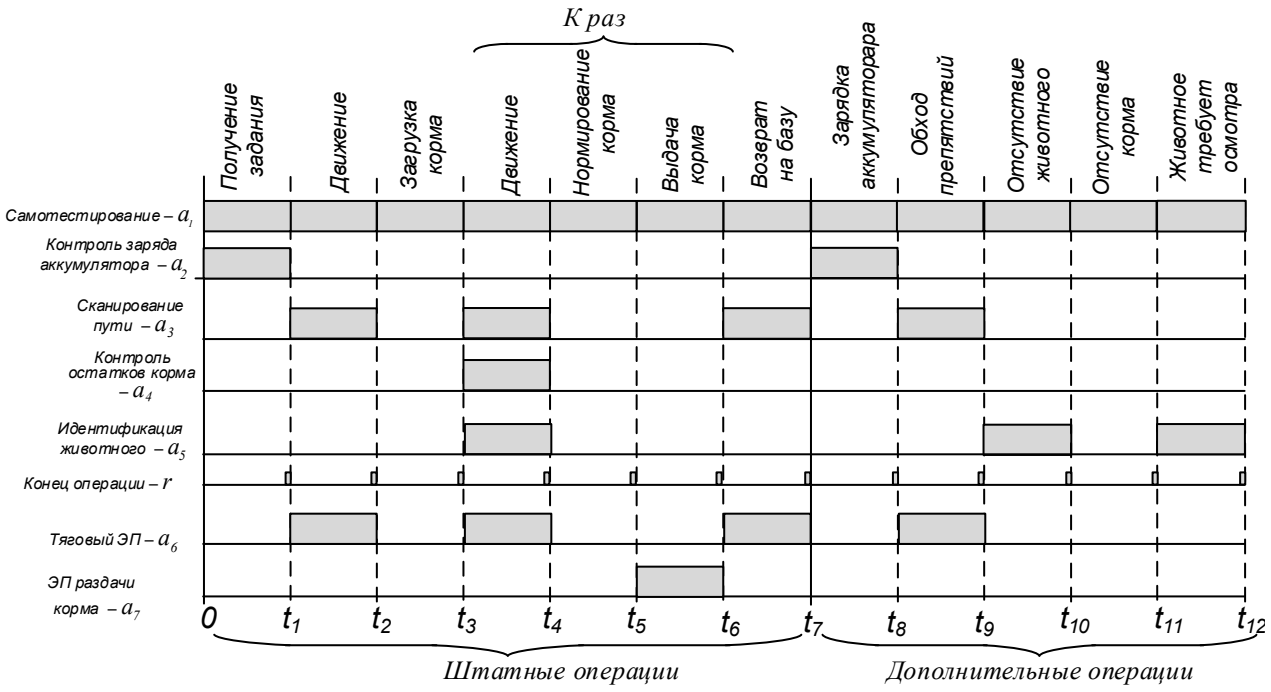
Существующая методологическая классификация относит подобные системы к структурам высокого эпистемологического уровня. На разных этапах реализации агротехнологий их функциями являются определение состава, готовности к использованию, сочетаемости, определения последовательности и длительности переключения, диапазонов эффективного функционирования и взаимодействия отдельных или групп РМ, распределения между ними общесистемных ресурсов и т.п.

При анализе и разработке многофункциональных и многокомпонентных систем вводят понятие «агрегат». Состояние агрегата, его параметры и происходящие в нем процессы характеризуют совокупности множеств различной природы, в общем случае случайных, например, фазы процессов; входные, управляющие, выходные сигналы, состояние и т.п., операторы переходов и выходов, реализующих преобразования входных, выходных и управляющих функций и т.п. Абстрактные агрегатные модели относят к классу универсальных, способных моделировать работу разных объектов. Применение к техническим устройствам как преобразователям информации понятия «агрегат» создает перспективы создания унифицированных структур устройств управления по гибкому алгоритму с учетом требований реальных процессов [3, 4].

При использовании агрегативного подхода к АТЦ из техноценоза выделяют семейство РМ, ориентируемых на выполнение конкретного комплекса технологических операций и используют циклограммы работы этих РМ. Модель такого семейства характеризуют множества: A – исполнительные технические средства (ИТС) и устройства переключения операций (УПО) выполняемых технологических процессов (средства контроля параметров процессов, приводы, контакторы, заслонки, исполнительные клапаны и т.п.); T – участки (фазы) циклограммы работы; Y – состояния ИТС и УПО на участках (фазах) циклограммы работы; U – условия завершения участков (фаз) и перехода на новые участки (фазы). Множество Y описывает двухмерная матрица, число столбцов которой соответствует количеству элементов участков (фаз) циклограммы работы, а число строк – количеству ИТС и УПО ($U \in Y$).

Ниже приведен пример использования агрегатной модели для элемента ТЦ.

Адаптивные роботизированные кормораздатчики (РК) ферм крупного рогатого скота с привязным содержанием животных на участках циклограмм функционирования (рисунок) выполняют различные операции, решают конкретные задачи: расчет и оптимизацию групповых и индивидуальных рационов кормления животных в течение года и ежедневно, заполнение раздатчика дозой корма на группу животных и индивидуальную раздачу кормов в кормовых станциях; фиксацию информации о непоедаемости корма и о животных, недоедающих корм, ветеринарный осмотр животных, выбор пути обхода препятствий, рациональной скорости движении, оценку состояния животных и т.п.



Технологические операции при функционировании РК
Technological operations when operating robotized device distribution provender

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Агрегатную модель работы РК характеризуют множества:

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_5 \end{bmatrix};$$

$$T = \begin{bmatrix} t_1 & t_2 & \dots & t_{12} \end{bmatrix}^T;$$

$$Y(a,t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$\begin{cases} [t_0 - t_1] : \overline{a}_1 \overline{a}_2 r_1 \to t_1 \vee a_2 \to t_7 \vee a_1 \to t_0; \\ [t_1 - t_2] : t_1 \,\&\, \overline{a}_1 \overline{a}_3 \overline{a}_6 r_2 \to t_2 \vee a_3 \to t_8 \vee a_1 \to t_0; \\ \left[t_{2(4,10)} - t_{3(5,11)} \right] : t_{2(4,10)} \,\&\, \overline{a}_1 r_{3(5,11)} \to t_{3(5,11)}; \\ [t_3 - t_4] : t_3 \,\&\, \overline{a}_1 \overline{a}_3 \overline{a}_4 \overline{a}_5 \overline{a}_6 \mathrm{r}_4 \to t_4 \vee a_1 \to t_6 \vee a_3 \to \\ \to t_8 \vee a_4 \to t_{10} \vee a_5 \to t_9; \\ U = [t_5 - t_6] : \overline{a}_1 \overline{a}_7 \mathrm{r}_5 \to t_6 \vee a_1 \to t_0; \\ [t_6 - t_7] : t_1 \,\&\, \overline{a}_1 \overline{a}_2 \overline{a}_3 r_7 \to t_0; \\ [t_7 - t_8] : t_7 \,\&\, \overline{a}_1 \overline{a}_2 \mathrm{r}_1; \\ [t_9 - t_{10}] : t_9 \,\&\, \overline{a}_1 \overline{a}_5 \mathrm{r}_{10} \to t_0 \end{cases},$$

где $a_1, \overline{a}_2, ..., \overline{a}_5$ – перечень ИТС и УПО; $[t_0, t_1, ..t_{12}]$ – участки (фазы) циклограммы функционирования РК.

Прогнозирование процессов в АТЦ

Известные методы генерации упреждающих управлений для адаптации технических систем к условиям и характеристикам выполняемых процессов базируются на теории предсказаний, используют ретроспективную информацию, расчетную или полученную в режиме реального времени, и т.п. Из-за сложности структур АТЦ и плохой предсказуемости процессов в них реализации этих методов здесь не всегда возможны. Вместе с тем, согласно [1, 2, 6], построение техноценозов, изменение, преобразование и развитие процессов в них в значительной степени подчинены объективным закономерностям, характерным для природных структур биоценозов.

Самоорганизующиеся процессы изменения внешних воздействий и характеристик ОАП во времени, как правило, инерционные, можно описать стандартными математическими зависимостями (длительные процессы – закон технического оптимума, процессы средней продолжительности – экспоненциальный, короткие – линейный) или составить из участков, на которых изменения характеристик процессов описывают эти зависимости. Изменения параметров режима технических элементов АТЦ могут быть формализованы аналогично.

Законы изменения параметров управления определим исходя из следующих соображений. В многофакторной системе «ОАП – факторы окружающей среды – факторы среды управлений» неуправляемые воздействия окружения (почвенно-климатические условия, интенсивность солнечного излучения, температура, влажность воздуха и др.), техногенные воздействия, изменяя которые можно влиять на технологические процессы и на ОАП, отнесем к управлениям и разделим на три группы: типовое управление, внешнее управление, корректирующее управление.

В качестве типового управления примем реализуемые согласно технологическому регламенту процессов техногенные воздействия на ОАП, практически не изменяющиеся или изменяющиеся незначительно длительный период применения по составу, параметрам и последовательности технологических операций; в качестве внешнего – самоорганизующиеся неуправляемые (кроме технологических процессов тепличного растениеводства, закрытого содержания животных и т.п.) воздействия окружения; в качестве корректирующего – дополнительные техногенные воздействия на ОАП для реализации задач обеспечения высокоэффективного производства.

При конкретном внешнем управлении и идеальном по требованиям производства типовом достаточно реализовать типовое управление для получения нужного результата. На практике внешнее управление может ухудшать условия существования ОАП, а типовое – быть недостаточным для обеспечения условий высокоэффективного производства. Тогда для улучшения этих условий применяют корректирующее управление с привлечением дополнительных ресурсов. Корректирующее управление – это оперативные воздействия на технологические процессы в режиме реального времени, лучшие стратегии по отношению к цели и задачам управления. Задержки управления по времени могут ограничивать положительное изменения характеристик ОАП, функциональных и технических параметров агросистемы в целом и сделать управление неэффективным. Парадигма корректирующего управления агросистемами предусматривает реализацию интеллектуального воздействия на ОАП как реакцию на возникающие отклонения характеристик процессов от требуемых значений и на нештатные ситуации. Это – управление, инициированное объективной необходимостью устранения возникающего в ходе выполнения процессов несоответствия контролируемых характеристик агросистемы и ее элементов области допустимых значений, устойчивых тенденций динамики, могущих привести к такому несоответствию.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

При реализации агропроцессов из числа переменных процесса индивидуально в зависимости от вида ОАП (например, в растениеводстве: сорта, гибрида растений, стадий их вегетации и т.п.), реализуемой технологии, условий функционирования и др. в режиме реального времени выделяют переменную порядка (наиболее быстро меняющуюся и наиболее сильно влияющую на процессы в системе) и параметры управления (типового, корректирующего), с помощью которых можно воздействовать на процессы изменения ОАП. В растениеводстве в качестве переменной порядка целесообразно выбрать эксергию оптического излучения в отношении фотосинтеза растений, а в качестве параметров управления – один или несколько параметров условий функционирования (температуру и влажность воздуха, влажность и минеральный состав почвы, наличие органических удобрений и др.) [1, 6].

В ходе реализации процессов, используя информацию об изменениях переменной порядка и параметров управления до момента осуществления их контроля, базу ретроспективных данных о реализациях аналогичных процессов, выбирают, какая из перечисленных выше стандартных математических зависимостей наиболее точно описывает изменения контролируемых информативных переменных процессов. Экстраполируя выбранные зависимости на перспективу, определяют прогнозные сценарии изменения характеристик ОАП и агросистемы в целом. Для проверки правильности выбранных сценариев рассчитывают значение переменной порядка. Если с точки зрения получения потенциально возможной продуктивности ОАП, устойчивости и эффективности технологических процессов с учетом прогноза изменения условий функционирования типовое управление не обеспечивает адаптации к изменяющимся условиям и полной мобилизации ресурсов ОАП при высоких технико-экономических показателях, подбирают законы изменения переменных корректирующего управления для достижения этих целей. Если прогнозные значения контролируемых переменных и законов изменения корректирующего управления отличаются от реальных итерационными изменениями их конечных значений, производят изменение этих зависимостей до тех пор, пока сходимость прогнозов изменения контролируемых переменных не будет удовлетворительной.

Управление РМ

На практике достижение заданных значений показателей агротехнологических процессов (производительность, качество продукции, энергоэффективность и т.д.) осуществляют за счет корректного выбора из существующей номенклатуры технологического оборудования типа и параметров РМ. Оптимальные режимы РМ, выполнение локальных технических требований к ним обеспечивают за счет управления исполнительными приводами этих машин.

Формально постановка и решение задач управления приводами разработаны достаточно полно. Так, в [7, 8] при решении задач формализации управления электромеханическими преобразователями энергии и их проектирования использовался метод динамического синтеза, основанный на применении стандартных математических зависимостей для описания изменения во времени параметров процессов.

Для согласования режимов РМ, реальных условий и характеристик выполняемых процессов системы управления верхнего уровня должны также генерировать, транспортировать устройствам управления РМ информацию о ходе изменения параметров агропроцессов для корректировки вида законов управления приводами конкретных РМ, а также соответствующих начальных, конечных и граничных условий уравнений, формализующих эти законы.

Заключение

Современные подходы к решению проблем увеличения объемов производства и качества, уменьшения стоимости сельскохозяйственной продукции, негативных воздействий агротехнологий на окружающую среду предусматривают рассмотрение преобразования энергии в агропроцессах в составе единых агротехнологических систем.

Создание системы управления устройств различного назначения и применения на базе агрегатной модели не требует разработки сложных алгоритмов и схем управления. Применение агрегатных моделей, использование в них стандартных математических зависимостей для прогнозирования изменений характеристик процессов и управления существенно упрощает технические реализации элементов техногенной части АТЦ, создает возможности унификации схемных и программных решений для различных устройств управления агропроцессами, сокращает затраты времени и материально-трудовых ресурсов на этапе их разработки и внедрения.

Список литературы

1. Свентицкий И.И. Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.

References

1. Sventickij I.I. Ènergosbereženie v APK i ènergetičeskaâ èkstremal'nost' samoorganizacii. M.: GNU VIÈSH, 2007.

International Publishing House for scientific periodicals "Space"
Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

2. Свентицкий И.И., Королев В.А. Инновационные положения управления высокоэффективными (точными) агротехнологиями // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. Горячкина. 2007. № 2 (22). С. 22-23.

3. Кудрин Б.И. Античность, символизм, технетика. М.: Электрика, 1995.

4. Кудрин Б.И. Классика технических ценозов. Ценологические исследования. Выпуск 31. М., 2006.

5. Башилов А.М. Электронно-оптическое зрение в аграрном производстве. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005.

6. Пат. 2350068 РФ Способ и устройство автоматического управления продукционным процессом растений с учетом самоорганизации / Свентицкий И.И., Королев В.А., Алхазова Е.О. // БИ. 2009. № 9.

7. Загорский А.Е., Королев В.А. Исследование динамических характеристик электрических машин автономной неразветвленной системы электроснабжения // Электротехника. 1981. № 6. С. 8-11.

8. Загорский А.Е., Королев В.А. Оптимизация динамических режимов регулируемых электрических машин // Электричество. 1988. № 9. С. 65-69.

2. Sventickij I.I., Korolev V.A. Innovacionnye položeniâ upravleniâ vysokoèffektivnymi (točnymi) agrotehnologiâmi // Vestnik FGOU VPO MGAU im. Gorâčkina. 2007. № 2 (22). S. 22-23.

3. Kudrin B.I. Antičnost', simvolizm, tehnetika. M.: Èlektrika, 1995.

4. Kudrin B.I. Klassika tehničeskih cenozov. Cenologičeskie issledovaniâ. Vypusk 31. M., 2006.

5. Bašilov A.M. Èlektronno-optičeskoe zrenie v agrarnom proizvodstve. M.: GNU VIÈSH, 2005.

6. Pat. 2350068 RF Sposob i ustrojstvo avtomatičeskogo upravleniâ produkcionnym processom rastenij s učetom samoorganizacii / Sventickij I.I., Korolev V.A., Alhazova E.O. // BI. 2009. № 9.

7. Zagorskij A.E., Korolev V.A. Issledovanie dinamičeskih harakteristik èlektričeskih mašin avtonomnoj nerazvetvlennoj sistemy èlektrosnabženiâ // Èlektrotehnika. 1981. № 6. S. 8-11.

8. Zagorskij A.E., Korolev V.A. Optimizaciâ dinamičeskih režimov reguliruemyh èlektričeskih mašin // Èlektričestvo. 1988. № 9. S. 65-69.

Транслитерация по ISO 9:1995

International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Международный издательский дом научной периодики "Спейс"