УДК 633/635:338.363(045)(476)

СТРАТЕГИЯ ЕЭС В ОБЛАСТИ МЕХАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Г. С. Горин,
профессор кафедры БНТУ, д-р техн. наук, проф.

А. А. Сильченко,
зам. Председателя ГКНТ, канд. техн. наук, доцент

В условиях рынка управление стратегией инновационного развития экономики на ближайшие годы в области механизации растениеводства осуществляется через нормативные акты и правила. В статье описаны перспективные технологии и направления информатизации мобильных процессов в растениеводстве.

In the conditions of market management strategy of innovative development of the economy in the coming years in the field of mechanization of crop production is carried out through regulations and rules. The article describes the advanced technologies and directions of Informatization of mobile processes in the plant.

В Советском Союзе стратегические направления технической политики в области механизации растениеводства для плановой экономики вырабатывались централизовано. За нее отвечали Всесоюзный НИИ механизации (ВИМ) сельского хозяйства. Последний выделил три концептуальных подхода:

– повышение рабочих скоростей МТА вначале (до второй мировой войны) до 5–7 км/ч, а позднее (с 1960-х гг.) — до 9–15 км/ч;

– повышение ширины захвата агрегатов на базе тракторов большой и особо большой мощности;

– создание комбинированных агрегатов, совмещающих технологические процессы.

Техническую политику Минсельхозпрод СССР осуществлял путем разработки технических заданий на модернизацию старых и разработку новых тракторов и сельхозмашин. Стратегию разрабатывали с учетом результатов НИР, выполненных НИИ Минсельхозпрода. Приемку новой техники производили зональные машинно-испытательные станции (МИС). Благодаря высокой концентрации производства, малой стоимости металла, рабочей силы и топливно-энергетических ресурсов техника производилась большими сериями, имела малую стоимость. Советская техника была проста в эксплуатации и ремонте. Отток населения из сельского хозяйства компенсировался применением индустриальных (позже адаптивных) технологий растениеводства. Для поддержания плодородия почвы государство вкладывало средства в мелиорацию земель.

Сельскохозяйственную технику использовали группами из 3–5 МТА малой мощности, но из-за невысокой ее надежности производственная эффективность была низкой вследствие большого времени простоя агрегатов. Поэтому академик В. Н. Болтинский в 1976–1977 гг. предложил перспективную мобильную энергетику создавать в виде моноагрегатов повышенной единичной мощности. На моноагрегате работа всех систем и механизмов находится под непрерывным наблюдением оператора. При этом, появляется возможность оперативного вмешательства в работу тех или иных узлов и в технологический процесс. Полная мощность силовой установки МТА (2000 кВт, как считал В. Н. Болтинский) может быть получена с помощью че-

тырех дизель-электрических агрегатов, что позволит маневрировать мощностью в широких пределах и добиться оптимальной загрузки двигателей. Предусмотрен электромотор-колесный привод ходовых систем и электропривод рабочих органов сельхозмашин, входящих в агрегат. Предполагалось, что для возделывания зерновых культур в установленные агротехнические сроки на площади 2000 га необходимо в зависимости от почвенно-климатических условий иметь 2–3 моноагрегата. Реализовать проекты мобильных средств с мощностью двигателя свыше 735 кВт (1000 л. с.) в настоящее время технически и технологически сложно. На имеющейся элементной базе эффективная реализация мощности последних в сложных природно-климатических условиях Нечерноземной зоны тем более затруднительна. Даже существующие энергонасыщенные тракторы используются здесь с большой недогрузкой. Однако, отсутствие конкуренции и гарантированный госзаказ не стимулировали быстрые темпы развития предприятий АПК (в отличие от предприятий ВПК).

Стратегия зарубежных стран.

Работая в направлении ресурсосбережения, концентрируя усилия международных корпораций, западные страны осуществили технологический прорыв во многих стратегически важных отраслях (информатика, космос, мехатроника управления, миниатюризация и алгоритмизация автоматики) промышленности и сельского хозяйства. Доступ на свой рынок дешевой продукции западные страны ограничивает, вводя Правила с повышенными экологическими требованиями.

Используя технические достижения в области механизации растениеводства, западные государства рекламирует технику для реализации точных технологий растениеводства:

– тракторы высокой и особо высокой мощности с большой навесоспособностью и большими нормальными нагрузками на колеса, предназначенные для реализации точных технологий в растениеводстве;

– комбинированные машины, разнесенные на ЗНУ и ПНУ, с гидроприводом ротационных рабочих органов и пневматическим транспортом семян;

– мехатронные системы управления НУ.

Многократные проходы по одному следу колес всех распространенных тракторов также приводят к переуплотнению почвы. Особенно подвержены переуплотнению суглинистые почвы при повышенной влажности. Отрицательное воздействие ходовых систем на почву усиливается при движении колес по дну борозды. При этом уплотняется не разрыхляемый последующими обработками подпахотный слой, препятствуя созданию нормального водно-воздушного режима пахотного горизонта. Уменьшение ширины колесного трактора при одновременное улучшении тягово-сцепных свойств и снижении давления на почву может быть достигнуто путем улучшения количества ведущих мостов до трех и более. Многоосные сельскохозяйственные тракторы компания Fend демонстрировала на выставке Agritechnica в Гановере: трехосный в 2007 г. и четырехосный — в 2011 г. Однако и это решение не приводит к снижению уплотнения почв до допустимых пределов. Обычно западные компании рекомендуют для снятия негативного воздействия ходовых систем сельхозтехники раз в два года производить глубокое рыхление почвы.

Точные технологии.

Применяемые технологии внесения удобрений характеризуются большой неравномерностью распределения их компонентов — азота, калия и фосфора — по поверхности поля. Последние усваиваются растениями лишь в определенном соотношении. Применение точных технологий, основываясь на анализе реального распределения названных компонентов по поверхности поля, позволяет устранить пестроту полей. Тем самым достигается экономия ресурсов и улучшаются показатели экологии.

Например, система автоматического управления точными технологиями (рис. 1) в растениеводстве реализуется в три этапа.

Этап 1. «Формирование банка данных о пестроте плодородия каждого элементарного участка поля». Система Fieldstar устанавливается на комбайне. Она включает:

– модуль связи, который посылает в командный центр Data Touch для записи на чип-карту показания датчиков, в частности, проб урожая и почвы;

– D6PC — приемник глобального позиционирования; антенна D6PC получает сигналы GPC спутниковой связи.

Командный центр Data Touch записывает информацию на чип-карту.

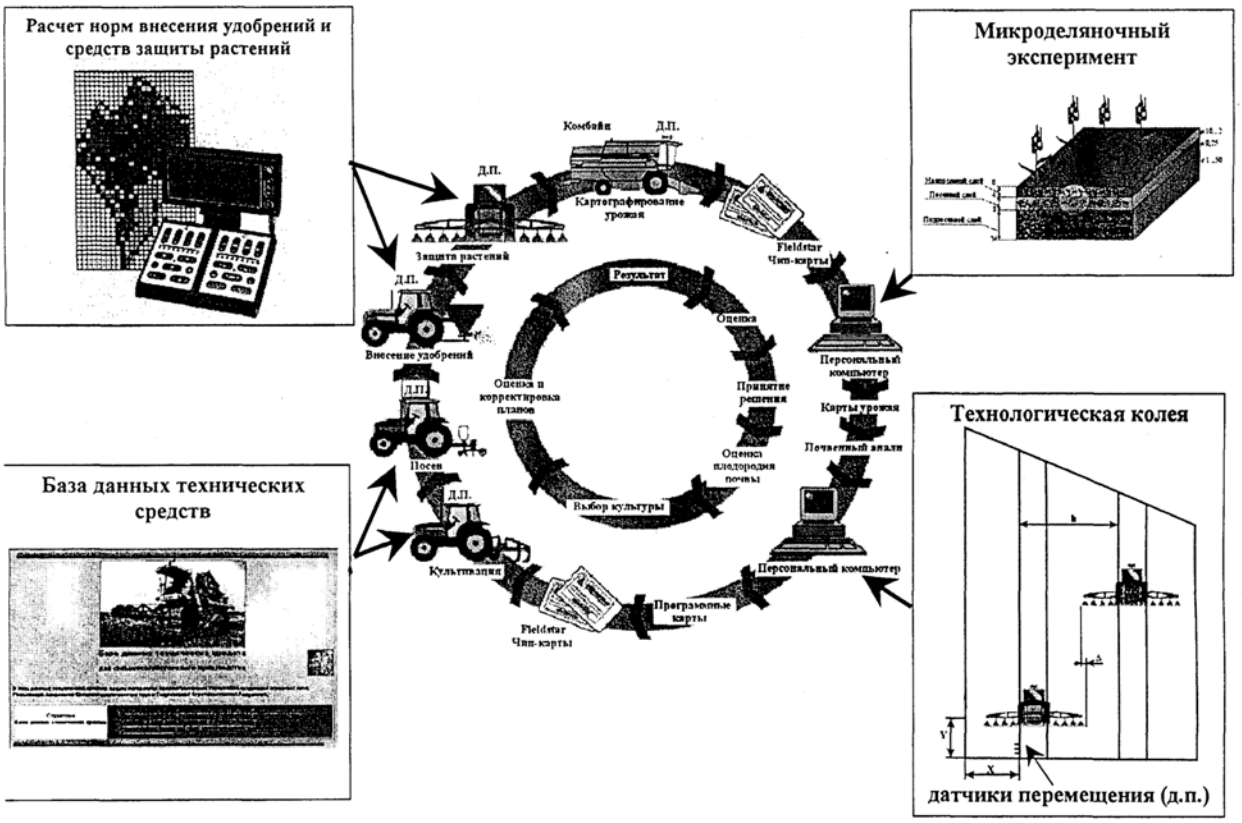


Рис. 1. Система «точного земледелия»

Этап 2. «Создание цветной карты урожая, круговых диаграмм, гистограмм, карт рельефа поля и доз вносимых мелиорантов и пестицидов» реализуется с помощью:

– офисного компьютера;

– пакета программ Fieldstar для читки чип-карт и обработки информации.

Этап 3. «Реализация высокоэффективных компьютерных технологий на основе технических средств, обеспечивающих дифференцированное воздействие на систему “растение — почва”».

Бортовой компьютер трактора, управляя рабочими органами сельхозмашины и гидравлической системой навески, обеспечивает:

– основную обработку с разноглубинным дифференцированным рыхлением подпахотного горизонта;

– предпосевное локальное и поверхностное внесение удобрений;

– опрыскивание с дифференцированным применением средств защиты.

Для реализации этого этапа технологии требуются:

– бортовой компьютер на тракторе;

– программное обеспечение;

– развитая система приводов сельхозмашин;

– система реализации команд на приводах и навеске.

Современный комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат.

Современный комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат (см. таблицу) включает:

– трактор с передней и задней навесками, а также гидравлическим и механическим приводом ВОМ;

– передний бункер для семян;

– передние прикатывающие катки, формирующие плотное ложе для семян;

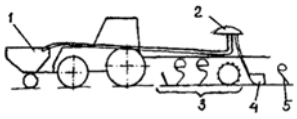
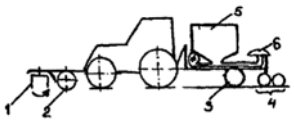
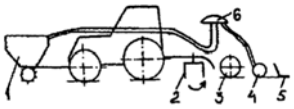
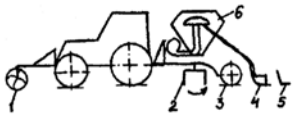
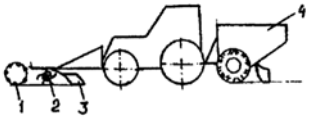
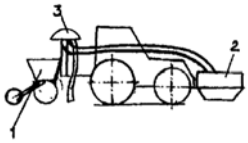
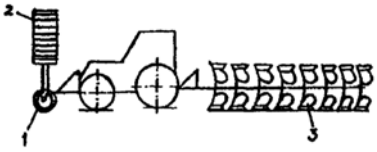
– систему технологического транспорта, включающего вентилятор, трубопровод;

– ротационный культиватор с вертикальной осью вращения роторов, предназначенный для рыхления поверхностного слоя на глубину 5–7 см;

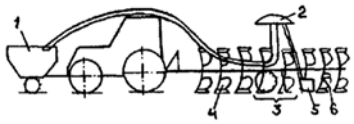
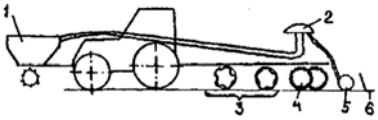
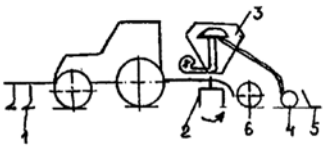
– сеялку точного высева, имеющую катки, формирующие гребни с сошниками и загортачами;

– систему автоматического регулирования или управления технологическим процессом.

Современные комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты

Выполняемые технологические процессы и агрегаты	Технологическая схема
1. Предпосевная обработка почвы и посев зерновых, зернобобовых и других культур: 1.1. Агрегат с пассивными рабочими органами	 1 — бункер для семян; 2 — высевающая система; 3 — набор пассивных рабочих органов для предпосевной обработки почвы; 4 — сошник; 5 — загортач
1.2. Агрегат с активными рабочими органами (фреза на передней навеске)	 1 — ротационная борона; 2 и 3 — катки; 4 — сошниковая группа; 5 — бункер; 6 — система высева
1.3. Агрегат с активными рабочими органами (фреза на задней навеске)	 1 — бункер для семян; 2 — ротационная борона; 3 — каток; 4 — сошник; 5 — загортач; 6 — система высева
1.4. Агрегат с активными рабочими органами и катком для усадки почвы	 1 — уплотняющий каток; 2 — ротационная борона; 3 — каток; 4 — сошниковая группа; 5 — загортач; 6 — бункер с системой высева
2. Предпосевная обработка с нарезкой гребней и посадка картофеля	 1 — каток; 2 — фреза; 3 — гребнеобразователь; 4 — картофелесажалка
3. Посадка овощей с внесением минеральных удобрений	 1 — овощная сеялка; 2 — бункер для удобрений; 3 — система внесения удобрений
4. Зяблевая вспашка	
5. Вспашка с предпосевной обработкой почвы	 1 — левая сторона приставки для предпосевной обработки почвы; 2 — то же (правая сторона); 3 — плуг

Окончание таблицы

6. Вспашка с предпосевной обработкой почвы и посевом	 1 — бункер; 2 — система высева; 3 — рабочие органы для предпосевной обработки; 4 — плуг; 5 — сошник; 6 — загортач
7. Минимальная обработка почвы и посев: 7.1. Агрегат с пассивными рабочими органами	 1 — бункер; 2 — система высева; 3 — дисковые батареи; 4 — мульчирующие катки; 5 — дисковый сошник; 6 — загортач
7.2. Агрегат с активно-пассивными рабочими органами	 1 — рыхлительные рабочие органы; 2 — ротационная борона; 3 — бункер; 4 — сошник; 5 — загортач; 6 — каток

Система ISOBUS.

Основным недостатком систем точного земледелия является то, что использование одновременно нескольких орудий требует установки для каждого из них модуля управления в кабине трактора, что несколько загромождает рабочее место, ухудшает обзорность и рассосредотачивает внимание тракториста и повышает усталость [4].

Для решения этой проблемы лидирующие производители сельскохозяйственной техники используют стандартизированную систему связи и обмена данными между трактором и рабочим оборудованием — ISOBUS (рис. 2). С ISOBUS управление рабочим оборудованием становится гораздо проще. Внутри кабины установлен сенсорный терминал для управления рабочим оборудованием, а также для отображения, ввода и сохранения информации. Система ISOBUS значительно облегчает работу с современным рабочим оборудованием, особенно многоцелевым, с высоким уровнем ав-

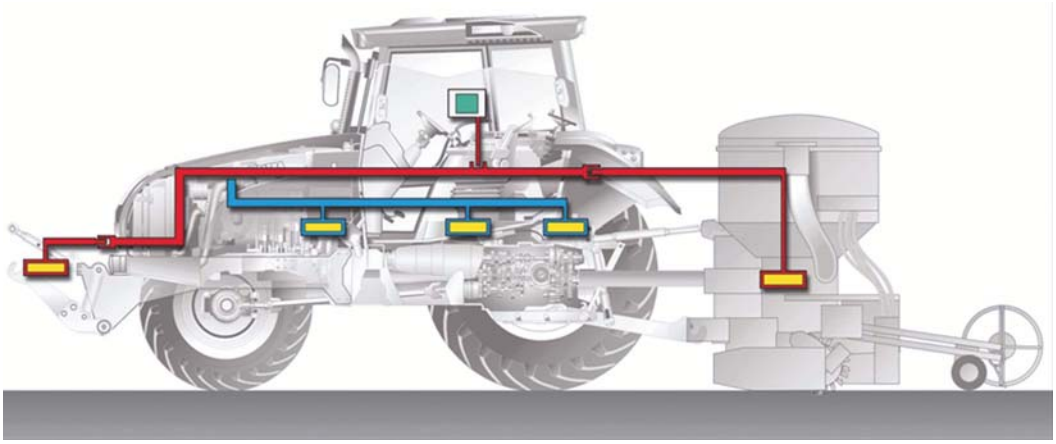


Рис. 2. Система ISOBUS

томатизации. В настоящее время выпуск рабочего оборудования, совместимого с системой ISOBUS, непрерывно увеличивается. В работах [5, 6] с учетом прогнозов развития технологий механизации сельского хозяйства (создание сложных комбинированных МТА) и появления прорывных идей в области электропривода (применения редкоземельных материалов для создания накопителей энергии и супермагнитов, а также систем частотного регулирования, основанных на микросхемах и полупроводниках) еще в 1986–1999 гг. указывалось на возможности расширенного применения электрифицированных приводов мобильных машин.

Информационная связь первоначально в тракторах и сельхозмашинах со сложной автоматикой, а теперь — с любой, представляет собой единую систему информационного коммуникативного общения (терминологически это называется обменом) всех элементов автоматики между собой, с единой информационной сетью (так называемой BUS- или ISOBUS-сетью) и единым принятым для нее протоколом (или протоколами) обмена данными (см. рис. 2).

Индивидуальные кабели электрических соединений датчиков с приборами заменены благодаря шинной связи единой двухпроводной информационной сетью, соединенной с процессором (или процессорами в многопроцессорных системах управления и автоматики).

Шинную сеть приняли сейчас к применению практически во всех мобильных машинах вместо двухпроводной индивидуальной связи. Сейчас практически все вновь проектируемые мобильные машины и сельхозорудия (их называют BUS-способными) строятся только с шинной связью.

Необходимое условие применения шинной связи — компьютерные протоколы обмена данными. При использовании шинной связи все данные (сообщения) всех датчиков систем управления и контроля поступают в единую сеть. Поступают они туда зашифрованными, с элементами адресации (иногда — как доноров, так и реципиентов, т. е. адресами как устройств — источников данных, так и адресатов). Шифрование и распознавание выполняются специальными процессорами, которые выбирают из сплошного массива данных те, которые адресованы соответствующему устройству, или ему нужные.

Стандарт SAE J1939 «Практические рекомендации по бортовым системам последовательного управления и связи на транспортных машинах» является основой для протоколов связи по системе CAN (сеть области управления — Controlled Area Network), разработанной компанией Bosch в начале 1980-х годов для обмена между множеством микропроцессорных электронных блоков по одной и той же двухпроводной линии в тяжелых грузовиках и строительно-дорожной технике. Применение нового протокола позволяет повысить надежность канала связи, иметь встроенную самодиагностику, исключить длинные проводниковые соединения (провода), регистрировать и записывать сообщения, изменять (модернизировать) дистанционно программное обеспечение. При использовании в строительной и сельскохозяйственной технике кабель представляет собой неэкранированные свитые четыре провода (с высоким CAN-H и низким CAN-L потенциалом, CAN-BAT и CAN-GND) [1, 2].

На основе использования международного стандарта ISO 11783 (ISO BUS) для электронной информационной связи между тракторами и сельскохозяйственными орудиями достигается внутренняя и внешняя информативность. Под информативностью понимается свойство трактора обеспечивать водителя (внутренняя информативность) и других участников движения (внешняя информативность) информацией. Водитель в зависимости от конструкции трактора получает информацию об окружающей обстановке, характере его движения, режимах работы двигателя и его систем. Другие участники движения благодаря внешней информативности имеют возможность прогнозировать на будущее свои действия. В центре внимания находятся вопросы взаимозаменяемости и совместимости систем бортовых компьютеров и их компонентов.

MELA-Project.

В мире электрические трансмиссии широко используются в много-приводных автопоездах, тяжелых самосвалах и промышленных тракторах высоких тяговых классов. Основой этих трансмиссий обычно являются машины постоянного тока с довольно высокой удельной массой (8–10 кг/кВт). С учетом последних достижений в области микроэлектроники и силовых электроприводов подобные работы ведутся в

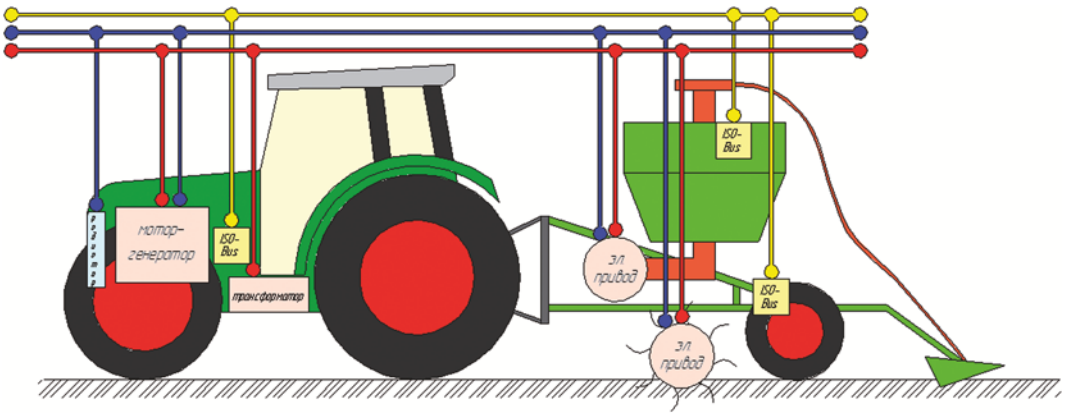


Рис. 3. MELA-Project

Германии, например, с 2004 г. в специализированном вузе Регенбурга под руководством профессора Михаэля Залира. При участии фирмы Fend был разработан MELA-Project (рис. 3). В посевном агрегате вместо механического привода рабочих органов был реализован электропривод. Из-за использования высокой силы тока возникла необходимость в системе охлаждения электрических машин.

Использование электротрансмиссии без системы охлаждения в системе отбора мощности в МТА возможно лишь при применении электрических машин с повышенной частотой вращения. Наиболее приемлемы для системы электрического отбора мощности электротрансмиссии переменно-постоянного и переменного тока: с тяговыми двигателями постоянного и переменного тока. В обоих случаях используется синхронный генератор повышенной частоты (200–400 Гц).

Несмотря на то, что в процессе испытаний система электропривода перегревалась, в целом, обозначилось направление поисков в области приводов комбайнов и сельхозмашин.

Будущее тягового электропривода связывают с применением редкоземельных металлов и, в частности, лантана и ниодима. Например, никель-лантановые гидридные аккумуляторы почти в 2 раза эффективнее стандартных свинцово-кислотных. Магниты из ниодима меньше и сильнее всех, известных на данный период. Большими запасами редкоземельных металлов располагают Китай, Россия, США, Казахстан.

Выводы.

1. В условиях рынка управление стратегией осуществляется через нормативные акты и Правила, которые определяют инновационное развитие экономики на ближайшие годы.

2. Описаны перспективные технологии и направления информатизации мобильных процессов в растениеводстве.

Литература:

1. Мебус, И. Долгожданный прогресс. Проект унификации бортовой электроники сельхозмашин продвигается / И. Мебус // Новое сельское хозяйство. — 2004. — № 5. — С. 92–93.

2. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.isobus.com.

4. Новиков, Г. Ф. Новые принципы структурного построения автоматики тракторов и мобильных машин / Г. Ф. Новиков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2008. — № 1. — с. 21–26.

5. Кацыгин, В. В. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства / В. В. Кацыгин, Г. С. Горин, А. А Зенькович // М.: Наука и техника, 1982. — 272 с.

6. Горин, Г. С. Тягово-энергетические показатели агрегатов для выполнения индустриальных технологий в растениеводстве: дис. ...д-ра техн. наук: 05.20.01 / Г. С. Горин. — Минск, 1986. — 473 с.