

28. *Украинцев Б. С.* Связь естественных и общественных наук в техническом знании.— В кн.: Синтез современного научного знания. М.: Наука, 1973.
29. *Микулинский С. Р.* Современное состояние и теоретические проблемы истории естествознания как науки.— *Вопр. философии*, 1976, № 6.

ARCHIMEDES AND GENESIS OF TECHNICAL KNOWLEDGE

V. I. KOZLOV

The reasons are given in the article that historically first system of the theoretical scientific knowledge about the surrounding world was early scientific technological knowledge presented by Archimedes work and ancient rational mechanics. This knowledge became one of the prerequisites of scientific theoretical system created by Newton. The principally important role of social and economic practice and culture of the society in the genesis of scientific theory is stressed.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В. А. САКУН

Развитие техники имеет свои объективные закономерности. Чем глубже мы их познаем, тем надежнее будет прогнозирование техники будущего. Знание же техники будущего диктуется не просто любознательностью, а необходимостью. Чем раньше мы можем хотя бы в общих чертах представить себе машины будущего, тем больше возможностей вовремя накопить нужный задел, чтобы не быть застигнутыми врасплох, когда старый тип техники себя исчерпает, перестанет удовлетворять потребности общества.

Познание же объективных закономерностей развития техники возможно лишь в результате научного анализа ее истории.

Цель настоящей статьи — определение общих закономерностей развития мобильной сельскохозяйственной техники на примере почвообрабатывающих машин и анализ современного этапа ее развития.

Вся история развития общества тесно связана с историей развития орудий труда, и прежде всего сельскохозяйственных, так как с помощью последних создается первооснова жизни общества — сельскохозяйственные продукты.

Труд первых земледельцев был тяжелым и изнурительным, требовал больших физических усилий. Многие тысячелетия использовались лишь очень примитивные, грубые орудия труда. Однако на протяжении всего раннего периода истории сельского хозяйства совершенствовались, хотя и очень медленными темпами, сельскохозяйственные орудия, увеличивалась их эффективность. Переход от заостренной копательной палки к мотыге привел к значительному повышению производительности труда в земледелии.

«Чем меньше времени требуется обществу на производство пшеницы, скота и т. д., тем больше времени оно выигрывает для другого производства, материального или духовного», — писал К. Маркс [1, с. 117]. Именно «излишки» продуктов сельскохозяйственного производства сверх необходимой для прокормления непосредственных производителей, появившиеся в результате совершенствования орудий труда и повышения производительности труда, сделали возможным возникновение городов и развитие цивилизаций.

Крупным сдвигом в развитии земледелия стал переход от циклического воздействия на почву к непрерывному, т. е. от рыхления почвы путем удара заостренной копательной палкой к рыхлению путем ее волочения. Заостренная палка постепенно превращалась сначала в крючковатый ствол, затем в соху, а потом и в плуг.

На протяжении всего этого огромного периода единственной энергетической базой в земледелии оставалась мускульная сила человека. Применительно к ней создавались и в течение тысячелетий совершенствовались орудия труда. Однако совершенствование орудий труда на этой энергетической базе не могло привести к резкому повышению производительности труда, к существенному расширению продовольственной базы человечества. «Излишки» продуктов, которые позволяли бы

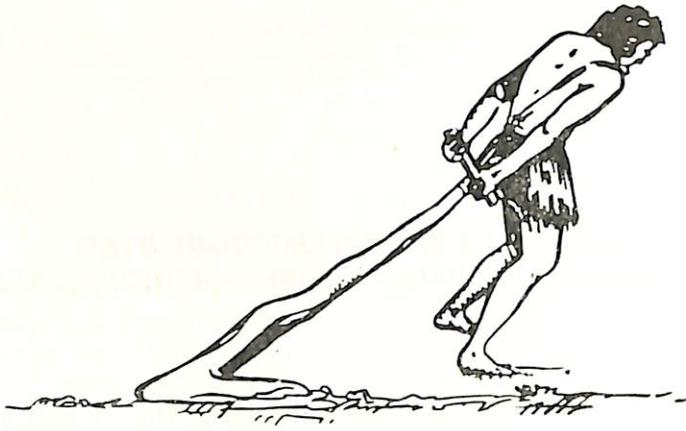


Рис. 1. Первобытный способ обработки почвы



Рис. 2. Пахота на тягловых животных

развиваться другим отраслям материального и духовного производства, по данным Х. Брауна [цит. по 4, с. 171], составляли не более 5% от объема продукции, что, естественно, сдерживало развитие производительных сил общества, было объективным тормозом для него.

Огромным скачком в развитии производительных сил общества явился переход сельского хозяйства на новую энергетическую базу — биологическую энергию (мышечную силу) животных (лошадей, волов, мулов). По данным Л. Брауна [цит. по 4, с. 143], примерно за 3 тыс. лет до н. э. крестьяне Ближнего Востока впервые научились использовать домашних животных для пахоты. Использование мышечной силы животных в сельскохозяйственном производстве К. Маркс оценил как революционное. Начался новый цикл в развитии производительных сил общества.

Переход к использованию в земледелии энергии животных дал скачок в повышении производительности труда, так как мощность лошади в среднем в 5,8, а вола в 4,4 раза выше, чем работоспособность человека (в среднем мощность человека 74 Вт, лошади 430 и вола 324 Вт) [5, с. 1, 9]. Применение тягловой силы также дало человеку возмож-

ность использовать непригодные для его питания, но съедобные для животных грубые корма как источник энергии для расширения сельскохозяйственного производства.

В течение пяти тысячелетий создавались и совершенствовались рабочие органы и сельскохозяйственные орудия и машины на новой энергетической базе — биологической энергии животных. Применительно к особенностям живой тягловой силы (лошади, вола, мула) были подобраны принципы работы и выработаны конструкции сельскохозяйственных орудий и машин. Совершенствование сельскохозяйственных орудий и машин на основе этой энергетики привело к невиданному росту производительности труда в земледелии, росту продовольственной базы человечества. К концу XIX в. (в 1870 г.) одна лошадь или один мул на фермах США могли обеспечить продуктами питания уже четырех человек [4, с. 174]. Однако на протяжении последних десятилетий XIX в. данное соотношение практически не изменялось. Это свидетельствовало о том, что развитие орудий производства, основанных на мускульной силе животных, достигло своего предела. Для дальнейшего развития производительных сил требовалась новая энергетическая база.

Новым источником энергии явилась паровая машина, которая начала распространяться в сельском хозяйстве в конце XIX в. В 1855 г. английские фермеры Говард и Фаулер создали паровой плуг, который вспахивал до девяти десятин в день, в то время как производительность конного четырехкорпусного плуга не превышала двух десятин. Это привело не только к скачку в повышении производительности труда, но и дало существенное улучшение обработки почвы и связанное с ним повышение урожайности сельскохозяйственных культур: глубина вспашки паровым плугом достигала 48 см (конным — лишь до 10 см), урожай пшеницы повысился на 24%, ячменя на 32,7 и свеклы на 27% [16, с. 304, 307]. Поэтому в 80-х годах XIX в. паровая машина уже широко использовалась в крупных хозяйствах Западной Европы, а в России она появилась значительно позже.

Однако появившийся в начале XX в. двигатель внутреннего сгорания с легкостью вытеснил и животных, и не успевшую еще широко распространиться в сельском хозяйстве паровую машину. Начался новый цикл в развитии производительных сил земледелия.

Применение трактора с двигателем внутреннего сгорания сразу же дало большой скачок в повышении производительности труда. Дальнейшее развитие мобильных сельскохозяйственных агрегатов на основе тракторной энергетики происходило небывало быстрыми темпами и привело к интенсивному росту производительности труда в земледелии. В 70-х годах XX в. один человек, занятый, например, в сельском хозяйстве США, мог прокормить уже более 20 человек [4, с. 145], не занятых производством продуктов сельского хозяйства.

Развитие тракторной сельскохозяйственной техники открыло перед учеными и конструкторами широкие возможности для воплощения в жизнь новых прогрессивных идей, направленных на повышение производительности труда. За относительно короткий исторический срок одно за другим сменилось несколько научно-технических направлений развития мобильной сельскохозяйственной техники: увеличение ширины захвата машин, увеличение рабочей скорости сельскохозяйственных агрегатов и повышение их энергонасыщенности, развитие комбинированных сельскохозяйственных машин и агрегатов, выполняющих за один проход несколько технологических операций, и т. п. Еще более часто сменялись поколения и модели машин.

Развитие мобильной сельскохозяйственной техники на базе тракторной энергетики продолжается и в настоящее время.

Итак, проследив весь путь развития мобильной сельскохозяйственной техники от первых примитивных ручных орудий труда до сложных

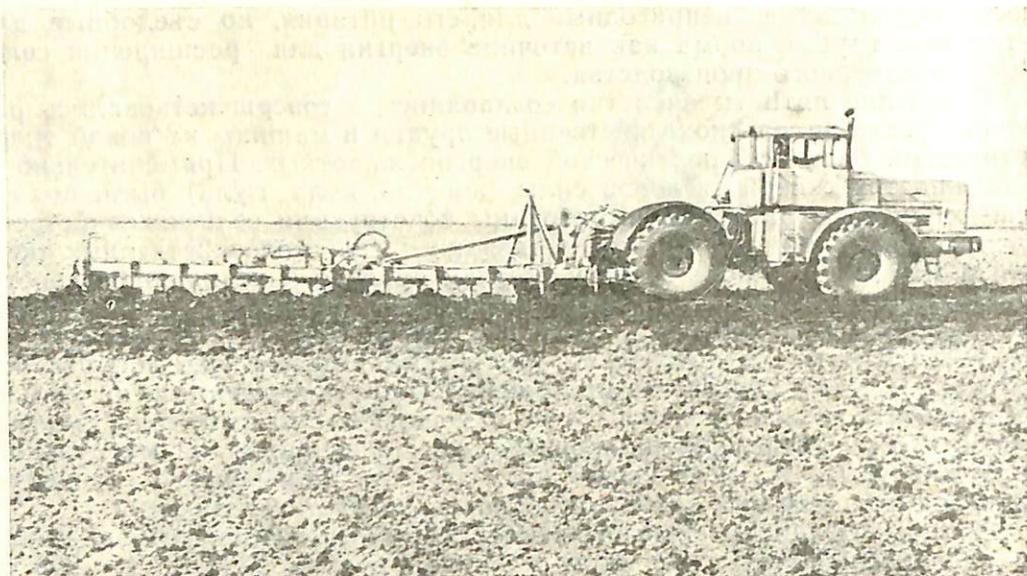


Рис. 3. Современный трактор с плугом

сельскохозяйственных машин нашего времени, нельзя не заметить три четко выраженных цикла в ее истории, различающихся энергетической базой производства и уровнем производительности труда.

Общезвестно, что во всех отраслях техники первостепенное значение имеет энергетика. Она оказывает решающее влияние на характер и уровень развития рабочих машин [7].

Известно также, что пути развития технической революции определяются главным образом коренными, качественными, революционными изменениями трех основных элементов: вида энергии, технологических процессов и материалов. Анализ истории сельскохозяйственной техники показывает, что из трех основных революционных элементов наиболее широким по диапазону воздействия на производство, охватывающим всю отрасль (а иногда и несколько отраслей), оказывается энергетическая база производства; новые технологические принципы обладают меньшим диапазоном действия, так как охватывают лишь отдельные стороны сельскохозяйственного производства; поиск и создание новых материалов вызваны, как правило, необходимостью разработки новых рабочих органов для машин, основанных на новых технологических принципах, или совершенствованием старых. Анализ истории сельскохозяйственной техники показывает, что при смене энергетической базы производства всегда происходит техническая революция, дающая скачок в повышении производительности труда. Из этого следует, что при рассмотрении общих закономерностей развития мобильной сельскохозяйственной техники за основной признак периодизации следует принять энергетическую базу производства, а за основной показатель эффективности сельскохозяйственной техники — ее производительность.

Закономерность развития мобильной сельскохозяйственной техники описывается интегральной кривой [6, с. 615—646; 7, с. 6—7; 11, с. 5 и др.], представляющей собой изменение производительности труда во времени. Производительность и время — наиболее общие показатели, поэтому использование графика изменения производительности во времени в качестве общей закономерности развития техники вполне оправдано.

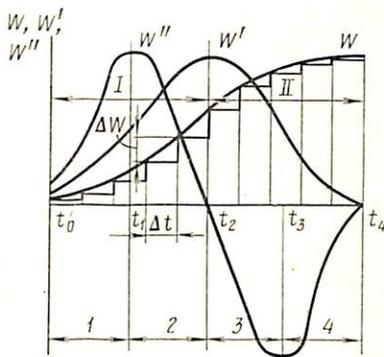


Рис. 4

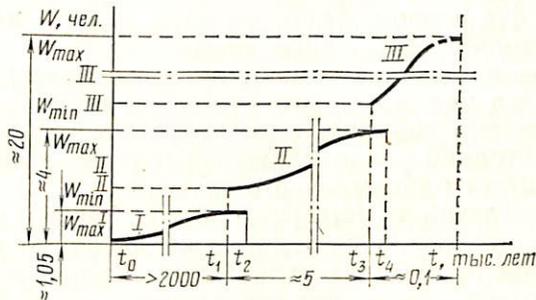


Рис. 5

Рис. 4. Совокупность кривых, характеризующих законченный цикл развития мобильной сельскохозяйственной техники на определенной энергетической базе: $W=f(t)$ — кривая изменения производительности; $W'=f'(t)$ — кривая скорости роста (прироста) производительности; $W''=f''(t)$ — кривая ускорения роста производительности (скорости прироста); I и II — периоды; 1—4 — этапы развития; ΔW — прирост производительности за время Δt ; t_1 , t_2 , t_3 и t_4 — рубежи фаз

Рис. 5. Совокупность интегральных кривых (примерный характер), характеризующих процесс развития мобильной сельскохозяйственной техники: I — на базе мускульной силы человека; II — на базе мускульной силы животных; III — на базе тракторной тяги; W — производительность; t — время

Таким образом, общую закономерность развития мобильной сельскохозяйственной техники наиболее целесообразно представить графиком изменения производительности труда в функции времени $W=f(t)$. Такая закономерность будет иметь вид интегральной кривой (рис. 4) и может быть выражена следующей формулой:

$$W_t = W_{\max} / (1 + e^{a-bt}), \quad (1)$$

где W_t — производительность труда во время t от начала цикла; W_{\max} — максимальная возможная производительность при данной энергетической базе; e — основание натуральных логарифмов; a — коэффициент, характеризующий начальный этап развития процесса, безразмерный; b — коэффициент, характеризующий интенсивность роста производительности труда (наклон кривой), 1/год.

Однако одна интегральная кривая не раскрывает полностью всей картины происходящего процесса. Полную картину развития дает совокупность трех кривых: интегральной (роста производительности во времени) $W=f(t)$ и двух ее производных — скорости роста (прироста) производительности $W'=f'(t)$ и ускорения роста производительности (скорости прироста) $W''=f''(t)$.

Кривая ускорения роста производительности более глубоко, чем кривая скорости, раскрывает борьбу противоположных факторов, в результате которой и происходит развитие рассматриваемого процесса.

Первый этап характеризует начальную фазу развития новой техники. Он наступает после скачка от старого качественного состояния к новому, основанному на новой энергетической базе или новой технологии. Внедрение новой техники происходит на фоне старой, между новой и старой техникой возникают противоречия. Так как интенсивность внедрения новой техники ограничена, стоимость новых машин, как правило, выше, чем старых, а человеческий разум обладает определенной инертностью, то темпы роста производительности в начале первого этапа относительно невелики. Однако по мере износа и отмирания старой техники и насыщения хозяйств новыми машинами противоречия ослабевают, а темпы роста производительности возрастают, достигая

максимального ускорения (скорости прироста), по истечении времени t_1 .

На втором этапе (фазе), т. е. в промежутке времени от t_1 до t_2 , происходит дальнейшее насыщение хозяйств новой техникой, более глубокое освоение ее кадрами механизаторов, а также совершенствование ее на тех же энергетических и технологических принципах (смена поколений машин), в результате чего прирост производительности ΔW постоянно увеличивается и в конце этапа, по истечении времени t_2 , достигает максимального значения.

Третий и четвертый этапы (фазы) характеризуют заключительный период развития техники на данной энергетической основе. В этот период происходит дальнейшее совершенствование техники, вызывающее, однако, обострение внутренних противоречий, т. е. противоречий, содержащихся в самой сущности машин, проявляющихся в виде лимитирующих факторов (например, нецелесообразность дальнейшего увеличения ширины захвата почвообрабатывающих машин из-за резкого снижения качества работы вследствие ухудшения копирования микрорельефа поля, роста удельной металлоемкости, снижения к. п. д., ухудшения маневренности агрегатов, повышения уплотнения почвы и разрушения ее структуры под тяжестью увеличивающейся массы агрегата; нецелесообразность дальнейшего увеличения рабочей скорости из-за резкого ухудшения качества обработки, фонтанирования и отбрасывания почвы в сторону, разрушения структурных агрегатов, распыления, резкого увеличения тягового сопротивления и расхода энергии на обработку, снижения производительности на единицу мощности или увеличения расхода горючего на единицу выполненной работы, ухудшения условий труда тракториста; уменьшающаяся отдача от дальнейшего повышения мощности тракторов из-за невозможности ее полной реализации и т. п.).

На этих этапах прирост производительности (на рис. 4 обозначен жирными отрезками вертикальных линий) уменьшается.

Однако третий этап, имея общие признаки с четвертым (падение скорости роста производительности труда, отрицательное ускорение), в то же время существенно отличается от него. Третий этап — это этап зрелости, устойчивого, хотя и более медленного развития техники. На этом этапе предприятия и объединения, производящие и потребляющие данное поколение техники, получают прибыль [17].

Четвертый этап — этап морального (экономического) и технического старения техники. На этом этапе особенно остро проявляются перечисленные выше противоречия. Он заканчивается полным исчерпанием естественного и экономического потенциалов развития техники на данной энергетической базе, в результате чего техника становится устаревшей и подлежит замене. Использование морально устаревшей техники, в основном исчерпавшей свой экономический потенциал, тормозит рост эффективности производства, приводит к увеличению стоимости производимой с ее помощью продукции [17, с. 110].

В результате интегральная кривая испытывает «насыщение», а критические скорости и ускорения роста производительности устремляются к нулю, что свидетельствует о достижении предела, т. е. об исчерпании потенциальных (природных) возможностей, заложенных в технику, работающую на данной энергетической основе и технологических принципах. Дальнейшие капитальные вложения в совершенствование техники на старых принципах окажутся неэффективными.

На этом завершается эволюционная форма развития. Дальнейшее эффективное развитие (повышение производительности) может быть осуществлено лишь на основе коренного, качественного изменения энергетической базы аграрного производства, т. е. на основе технической революции. На смену эволюционной форме развития приходит револю-

ционная форма, которая проявляется в виде скачка от одного качественного состояния техники к другому, более прогрессивному.

В рамках одного и того же цикла могут смениться несколько научно-технических направлений, еще больше поколений машин и их моделей (ибо смена поколений машин происходит значительно чаще, чем научно-технических направлений, а смена моделей — чаще, чем поколений машин). При этом каждое новое научно-техническое направление, новое поколение и новая модель являются более эффективными, чем им предшествующие, и в результате при их смене происходит или небольшой скачок (если смена связана с качественными изменениями технологических принципов в том или ином частном аспекте сельскохозяйственного производства), или увеличение крутизны наклона интегральной кривой (если происходят лишь количественные изменения того или иного признака). В этом случае общие интегральные кривые (например, изображенные на рис. 5) будут представлять собой кривые высшего порядка, огибающие кривые, определяющие тенденции изменения более частных кривых в функции времени.

Таким образом, законченный цикл развития включает в себя наряду с формой постепенного плавного нарастания количественных изменений форму перерыва постепенности, скачка от старого качественного состояния к новому.

Следовательно, скачок завершает эволюционную стадию развития и является формой наиболее интенсивного изменения, кульминационным моментом развития. Скачок открывает простор для дальнейшего эволюционного развития на более высоком техническом уровне, после скачка начинается новый цикл развития техники с аналогичными периодами и этапами, описанными выше.

Подводя итог всему изложенному выше, следует отметить, что в истории развития мобильной сельскохозяйственной техники наблюдалось три цикла (рис. 5), отличающихся один от другого энергетической базой производства: первый (I), базировавшийся на мускульной силе человека; второй (II), энергетической базой которого была главным образом мускульная сила животных, и третий (III), базирующийся на применении двигателей внутреннего сгорания (тепловых двигателей). Третий цикл пока еще не завершен и развивается в настоящее время.

Попытаемся теперь определить общие закономерности (общую схему) развития мобильной сельскохозяйственной техники от ее зарождения до наших дней. Такую закономерность, как было показано выше, целесообразно представить графиком изменения производительности и функции времени. Представленную на рис. 5 общую картину развития мобильной сельскохозяйственной техники следует рассматривать как характеризующую главным образом лишь качественную сторону явления. Для точного описания количественной стороны явления современная наука не располагает необходимыми данными.

Оценивать рост производительности труда в результате технического прогресса целесообразнее всего по выработке с помощью техники валовой продукции [10], дающей возможность использовать наиболее общий измеритель в виде денежного эквивалента. Однако при сравнении уровня производительности труда при разных общественно-экономических формациях, в том числе первобытнообщинной, рабовладельческой и феодальной, применение денежного эквивалента практически невозможно.

Вместе с тем количественные характеристики крайне необходимы для того, чтобы дать хотя бы приближенное представление о величине скачка, происходящего при смене энергетической базы развития сельскохозяйственной техники.

Приведенные на рис. 5 цифровые данные взяты из статей американских ученых Л. Брауна и Х. Брауна [4, с. 145, 171 и 174]. В качестве

обобщающего показателя производительности труда в данном случае использовано количество людей, которых может «прокормить» один человек, работающий в сельском хозяйстве, включая и себя. Хотя методика определения такого показателя в указанных статьях не приводится, однако сопоставление приведенных данных с другими данными, взятыми из других источников [9], приводит к выводу, что этот показатель определяется как отношение общей численности населения к численности работающих в сельскохозяйственном производстве.

Таким образом, для определения такого показателя необходимо располагать данными о динамике роста всего населения и изменении количества работающих в сельскохозяйственном производстве. Деля общую численность населения на число работников аграрного сектора в интересующий нас период, мы получаем результат, показывающий, какое количество людей может «прокормить» один человек, работающий в сельскохозяйственном производстве, т. е. некоторую обобщенную меру производительности труда в сельскохозяйственном производстве.

Учитывая, что потребление продукции сельскохозяйственного производства на душу населения имеет историческую тенденцию роста, рост объема его валовой продукции зависит не только от уровня развития сельскохозяйственной техники, но и от селекционной работы, внесения удобрений, применения ядохимикатов и т. п., приведенные на рис. 5 по оси ординат цифры следует считать в определенной мере весьма приближенными в качестве показателя роста производительности труда, обусловленного уровнем развития сельскохозяйственной техники. И все же их использование для количественной оценки развития сельскохозяйственной техники является вполне оправданным и обоснованным. Вся сельскохозяйственная продукция в конечном счете производится только с применением сельскохозяйственной техники, на которой работают люди. При этом чем выше производительность этой техники, тем меньше людей работает на ней, а следовательно, и тем большее количество людей, не работающих в сельскохозяйственном производстве, может «прокормить» один работающий.

Анализ динамики развития основных показателей сельскохозяйственного производства подтверждает это. Он показывает, что между ростом народонаселения, ростом валовой продукции сельскохозяйственного производства, производительностью сельскохозяйственной техники и энерговооруженностью работников сельского хозяйства существует прямая корреляционная зависимость. Из всего этого следует, что используемый нами показатель правомерен.

Вполне естественно, что для различных стран этот показатель будет различным. При этом следует принимать во внимание не средние цифры по всем странам мира или континента, а лишь те, которые характерны для высокоразвитых стран, ибо наша задача состоит именно в том, чтобы показать реализацию потенциальных возможностей сельскохозяйственной техники, развивающейся на той или иной энергетической базе.

Как видно из рис. 5, первый цикл наиболее продолжителен: длительность его развития ($t_2 - t_0$) по некоторым данным [4, с. 139] составила более 2 млн. лет, за которые производительность труда увеличилась лишь настолько, что каждый работающий мог дать примерно 5% «лишней» продукции, или, иными словами, 20 работающих в сельском хозяйстве могли «прокормить» одного человека, занятого трудом, не связанным непосредственно с производством пищи [4, с. 171].

Длительность второго цикла ($t_4 - t_1$) была гораздо меньшей, чем первого, и составила всего лишь 5 тыс. лет [4, с. 143]. Однако производительность труда за этот относительно короткий период возросла настолько, что один человек с лошадей, волом или мулом мог прокормить уже не только себя, но и еще трех человек, не занятых в сель-

ском хозяйстве [4, с. 174]. Таким образом, производительность труда во втором цикле по сравнению с первым возросла в несколько раз.

Третий цикл, началом которого (t_3) можно считать вторую половину 70-х годов XIX в., когда паровые двигатели начали внедряться в сельскохозяйственное производство, отличается невиданными до этого темпами роста производительности труда. За чрезвычайно короткий в историческом плане отрезок времени, не превышающий одного столетия, производительность труда в аграрном производстве возросла необычайно быстро, и к настоящему времени один человек, работающий в сельском хозяйстве развитой страны, может «прокормить» до 20 и более человек [4, с. 145], не занятых непосредственно производством пищи. Следовательно, циклы развития аграрной техники отличаются один от другого все возрастающей интенсивностью роста производительности труда.

Приведенные цифры показывают, что для каждого из последующих смежных циклов развития техники уровень развития производительных сил общества, характеризуемый объемом продукции, полученной сверх необходимой для самого производителя, был на один-два порядка выше, чем для предыдущего цикла. Этот показатель, который можно назвать «условным прибавочным продуктом», для каждого из трех последовательных циклов приблизительно составил 5, 300 и 1900%.

Каждая интегральная кривая (каждый законченный цикл развития) характеризует продолжительность «жизни» ($t_2 - t_0$, $t_4 - t_1$ и т. д.), технико-экономические параметры и предельно допустимые возможности мобильной сельскохозяйственной техники ($W_{\max I}$, $W_{\max II}$, $W_{\max III}$), основанной на определенной энергетической базе. При этом каждая интегральная кривая, как следует из формулы (1), может быть охарактеризована следующими параметрами: a — коэффициент, характеризующий потенциальные возможности начального периода развития (чем он меньше, тем эти возможности больше); b — коэффициент, характеризующий интенсивность роста производительности труда (чем он больше, тем больше интенсивность роста); W_{\max} — максимально возможная производительность при данной энергетической базе и совокупности технологий.

Из рис. 5 и приведенного выше анализа следует, что $a_{III} < a_{II} < a_I$; $b_I < b_{II} < b_{III}$ и $W_{\max I} < W_{\max II} < W_{\max III}$.

Резерв повышения производительности труда при данной энергетической базе и технологии в данное время t можно охарактеризовать как разницу между максимально возможным уровнем W_{\max} , определяемым из формулы (1), и достигнутым в настоящее время уровнем W_t .

Горизонтальный участок в верхней части кривой роста производительности труда (уровень насыщения) означает, что данная энергетическая база и соответствующая ей совокупность технологий уже не соответствуют назревшим потребностям развития общества, являются тормозом для дальнейшего технического прогресса и вызывают необходимость коренных изменений на основе принципиально новых решений.

Приведенные общие закономерности развития мобильной сельскохозяйственной техники могут быть применены для средне- и долгосрочного прогнозирования; учет этих закономерностей — необходимое условие научно обоснованного ведения аграрного производства.

Однако закономерности циклического развития техники все еще недостаточно учитываются при планировании [15, с. 118]. Научно обоснованное планирование должно учитывать, что развитие техники происходит не равномерно и прямолинейно, а по интегральной кривой с периодической сменой эволюционных стадий развития революционными, знаменующими переходы к качественно новым уровням развития тех-

ники, сопровождаемые скачкообразным повышением производительности труда [18, с. 63]. Планирование без учета циклического характера развития «от достигнутого результата», «от базы», в основе которого лежит экстраполирование темпов развития, достигнутых в прошлом, на будущее может привести к грубым ошибкам.

Обоснованность и правомерность теории развития мобильной сельскохозяйственной техники может быть проверена на примере одного из ее видов, например пахотных агрегатов. Для этого строим графики изменения производительности пахотных агрегатов в зависимости от мощности двигателей колесных и гусеничных тракторов (рис. 6). Как видим, эти графики имеют форму интегральных кривых с различными параметрами.

На кривой 1, построенной для пахотных агрегатов на базе колесных тракторов, выделим участки I и II, находящиеся соответственно в пределах первого (I) и второго (II) периодов развития. Сравним интенсивность роста (увеличения прироста) производительности на участках I и II.

На участке I увеличение мощности двигателя трактора с 55 (MT3-80) до 121 кВт (Т-150К) дает прирост производительности с 0,5 до 1,30 га/ч. Следовательно, прирост мощности $\Delta N_I = 66$ кВт обеспечивает

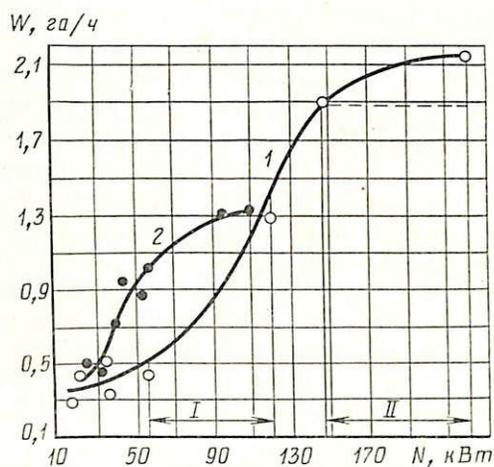


Рис. 6. Изменение производительности пахотных агрегатов в зависимости от мощности двигателей на базе колесных (1) и гусеничных (2) тракторов

участке II почти в 4 раза меньше, чем на участке I. Как видно из рис. 6, дальнейшее увеличение мощности колесных тракторов даже в значительных размерах даст лишь небольшое увеличение производительности пахотных агрегатов, так как развитие происходит на выпуклом участке кривой и всякое новое приращение мощности дает все меньший и меньший прирост производительности. Пахотные агрегаты на базе гусеничных тракторов, как видно из того же рисунка, имеют больший резерв развития по производительности. При этом нельзя не учитывать, что они могут выходить в поле на весенние работы на 2—3 дня раньше, обеспечивают экономию топлива на 10—16%, меньше уплотняют почву ходовыми системами. Поэтому ориентация на использование для выполнения пахоты только на высокопроизводительные колесные тракторы была бы неправильной. Сделанный вывод находит прямое или косвенное подтверждение в других работах [10—12].

Невозможность достичь высоких темпов роста производительности пахотных агрегатов на данном этапе их развития обусловлена тем, что

дает прирост производительности $\Delta W_I = 0,8$ га/ч, откуда средний удельный прирост производительности на единицу мощности или средняя интенсивность роста производительности $i_I = \Delta W_I / \Delta N_I = 1212 \cdot 10^{-5}$ га/кВт·ч.

На участке II увеличение мощности трактора с 147 (К-700) до 220 кВт (К-701) дает прирост производительности с 1,9 до 2,14 га/ч. Следовательно, прирост мощности $\Delta N_{II} = 73$ кВт обеспечивает прирост производительности $\Delta W_{II} = 0,24$ га/ч, откуда средняя интенсивность роста производительности $i_{II} = \Delta W_{II} / \Delta N_{II} = 328,8 \cdot 10^{-5}$ га/кВт·ч. Сравнивая средние интенсивности роста производительности на участках I и II, устанавливаем, что $i_I / i_{II} \approx 3,7$, т. е. средняя интенсивность роста производительности на

они практически исчерпали естественные потенциальные возможности развития на данных энергетических и технологических принципах.

Как известно, производительность пахотных агрегатов зависит в равной мере как от ширины захвата, так и от скорости агрегата.

В течение первых трех десятилетий (с 20-х до середины 50-х годов) повышение производительности тракторных пахотных агрегатов осуществлялось за счет увеличения ширины их захвата (количества корпусов в плуге). Такое направление позволяло использовать те же рабочие органы, но требовало увеличения силы тяги тракторов, которого достигали путем увеличения мощности двигателя и сцепного веса трактора, т. е. повышением его класса по тяге. Развитие пахотных агрегатов в этом направлении приводит к увеличению массы и удельной материалоемкости плуга, увеличению длины плуга, усложнению конструкции плуга и трактора, ухудшению маневренности агрегата. Ухудшение каждого из перечисленных параметров в свою очередь приводит к ухудшению зависящих от них показателей. Например, известно [8, с. 154], что при числе корпусов в плуге свыше трех увеличение на один корпус приводит к увеличению удельной материалоемкости плуга примерно на 13%. В результате удельная материалоемкость восьмикорпусного плуга в 1,65 раза выше, чем трехкорпусного.

С увеличением числа корпусов в навесном плуге увеличивается нагрузка на двигатель трактора в транспортном положении, растет опрокидывающий момент на трактор, ухудшается его устойчивость при транспортировании и разворотах. Поэтому современные многокорпусные плуги с числом корпусов более восьми делают уже не навесными, а обязательно полунавесными. При этом увеличение ширины захвата всего лишь на 35 см (на один корпус свыше восьми) приводит к увеличению массы плуга на 970 кг, а удельная материалоемкость плуга возрастает примерно на 40%. Увеличение удельной материалоемкости влечет за собой ухудшение многих других важных показателей, таких, как удельная стоимость, энергонасыщенность, массогрузооборот, к. п. д., эксплуатационные расходы, уплотнение почвы и в конечном счете приводит к увеличению себестоимости продукции.

Длина современного плуга с увеличением числа корпусов растет в большей мере, чем ширина, так как расстояние между корпусами в продольном направлении примерно в 2,5 раза больше, чем их ширина. Так, например, девятикорпусный плуг (ПТК-9-35) при ширине захвата 3,15 м имеет длину свыше 10 м, а длина всего пахотного агрегата превышает 17 м. При большой длине плуга (свыше пяти-шести корпусов) ухудшается качество вспашки, так как плуг плохо приспособляется к рельефу поля и поэтому не обеспечивает равномерной глубины обработки; при проходе первой борозды, заглублении и выглублении плуга растут огрехи; увеличивается момент инерции и опрокидывающий момент, ухудшается маневренность агрегата. Достаточно отметить, что при среднеквадратическом отклонении фактической глубины пахоты от заданной, равном 6—9 см, урожайность пшеницы снижается на 20—22% [8, с. 64].

Многолетние испытания показали, что оптимальными по критерию минимума затрат являются агрегаты с пяти-, шестикорпусными плугами.

Таким образом, дальнейшее повышение производительности пахотных агрегатов путем увеличения ширины их захвата не удовлетворяет таким критериям технического прогресса, как улучшение качества работы, снижение материалоемкости, повышение энергонасыщенности, повышение к. п. д., снижение расхода энергии и т. д.

Повышение производительности мобильных сельскохозяйственных агрегатов за счет увеличения рабочих скоростей в нашей стране началось во второй половине 50-х годов. Это направление требует создания

и применения мощных тракторов. Развитие пахотных агрегатов в этом направлении потребовало создания скоростных рабочих органов почвообрабатывающих машин и улучшения условий труда тракториста, но привело к увеличению удельного тягового сопротивления плугов и увеличению буксования ведущих колес тракторов. Оказалось, что высокий к. п. д. тракторов с большой энергонасыщенностью обеспечивается лишь при высоких рабочих скоростях, откуда вытекает необходимость замены существовавших машин и орудий такими, которые хорошо работают на высоких скоростях, даже в том случае, если это связано с уменьшением ширины их захвата.

Весьма сложным лимитирующим фактором на пути рационального использования скоростных пахотных агрегатов явилась необходимость существенного улучшения условий труда тракториста, так как с увеличением рабочей скорости резко возрастает напряженность труда, а следовательно, и утомляемость тракториста. Обследование за рубежом в эксплуатационных условиях большого числа мощных скоростных тракторов показало, что их технические возможности используются не полностью, загрузка двигателя составляет 55—86%. Как правило, мощные тракторы работают с пониженной частотой вращения вала двигателя и недостаточной рабочей скоростью. Причина недоиспользования технических возможностей трактора — резкое ухудшение условий работы с увеличением скорости и ухудшение качества работы плуга.

С целью уменьшения буксования ведущих колес скоростных энергонасыщенных тракторов приходится навешивать балластные грузы на колеса и остов трактора, заливать внутреннюю полость шин ведущих колес жидкостью, в лучшем случае — использовать гидравлические или механические догрузатели. Таким образом, наблюдается довольно странное явление: конструкторы, совершенствуя тракторы, добиваются все большего насыщения их массы энергией, а эксплуатационники навешивают на эти тракторы балластные грузы, и чем более совершенен с точки зрения материалоемкости трактор, тем больший балластный груз он должен перемещать по полю.

Кроме того, в связи с большей сложностью мощных энергонасыщенных тракторов увеличиваются их простои, а каждый час простой скоростной техники приводит к потерям, в 1,5—2 раза большим, чем обычной. Следовательно, эта техника требует более совершенной организации ее использования.

В результате с увеличением как мощности, так и энергонасыщенности тракторов наблюдается тенденция к уменьшению удельной производительности, т. е. часовой производительности, отнесенной к мощности двигателя трактора (рис. 7). Уменьшение удельной производительности означает снижение эффективности использования каждой единицы мощности двигателя в мощных энергонасыщенных тракторах.

В результате развития пахотных агрегатов в двух указанных направлениях в настоящее время мы имеем достаточно сложные, дорогостоящие и тяжелые агрегаты. Проходы по полю тяжелых мобильных сельскохозяйственных агрегатов, масса которых уже сейчас в некоторых случаях превышает 15 т, приводят к переуплотнению почвы, которое распространяется не только в пахотном горизонте, но и проникает в нижние слои, расположенные за пределами досягаемости почвообрабатывающих орудий, вследствие чего из года в год накапливается. По этой причине снижаются урожай сельскохозяйственных культур, создаются условия для засоления и заболачивания почв. Исследования влияния переуплотнения почв на урожай, проведенные в различных странах, показали, что урожай снижается на 20—35%. Таким образом, недобор урожая от переуплотнения почв равен прибавке его от орошения [2, с. 7].

В конечном счете среднегодовой прирост валовой продукции на единицу мощности основных производственных фондов имеет явную тенденцию к снижению, а себестоимость продукции — к росту. По данным академика ВАСХНИЛ В. А. Тихонова, за последнее пятилетие выход валовой продукции на единицу применяемых производственных ресурсов сократился на 4%, что равносильно ежегодному нерациональному использованию 19 млрд. рублей [13, с. 144].

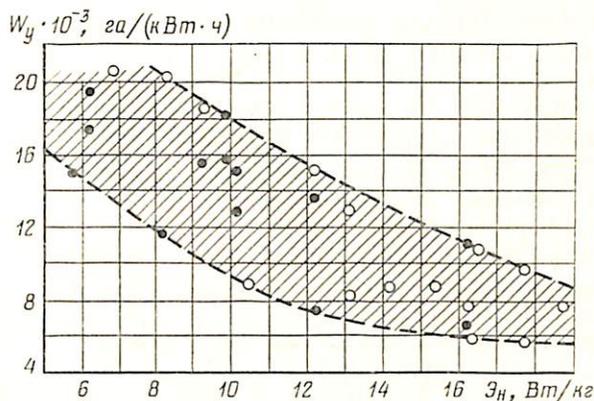


Рис. 7. Изменение удельной производительности пахотных агрегатов в зависимости от энергонасыщенности тракторов: о — колесных; х — гусеничных

Таким образом, дальнейшее развитие мобильной сельскохозяйственной техники на той же энергетической базе и на тех же технологических принципах все еще способно увеличивать производительность и валовую продукцию лишь ценой все больших затрат, что, естественно, ведет к повышению себестоимости.

Дефицит трудовых ресурсов в нашей стране остро ставит вопрос повышения производительности труда в текущей и следующих пятилетках и потребует высоких темпов роста этого показателя в дальнейшем. Поскольку же развитие сельскохозяйственной техники на традиционных энергетических и технологических принципах не может обеспечить необходимых темпов роста производительности труда, то возникает необходимость технической революции в развитии мобильной сельскохозяйственной техники. Эта техническая революция назревает и в будущем станет исторической необходимостью.

Осознание этой необходимости — сегодня одна из предпосылок эффективного и усиленного развития сельскохозяйственной техники. Научный и проектно-конструкторский задел должны создаваться заблаговременно, т. е. до того, как используемая в сельскохозяйственном производстве техника морально устареет. Чем меньше научно-технический задел для перехода к следующему циклу, тем длительнее четвертая фаза, тем крупнее потери, которые при этом несет общество. «В планировании научно-технического прогресса, — подчеркивают В. К. Ситник и Ю. В. Яковец, — нужно заблаговременно — за 5–7 лет до начала нового цикла — предусматривать концентрацию сил на создание научного задела для перехода к принципиально новой технике, к новому поколению машин, обеспечивающему скачкообразный рост эффективности» [15, с. 119].

Учитывая то, что на разработку, освоение и внедрение принципиально новых технических средств уходит не менее 8–10 лет [3, с. 23–24], необходимо уже сейчас направить усилия на создание основ техники

будущего, развернуть научный поиск новых энергетических средств, новых рабочих органов и конструктивных схем рабочих машин, основанных на новых технологических принципах.

Каковы же основные черты новой технической революции в развитии сельскохозяйственной техники? Они пока еще только вырисовываются. Анализ научно-технической и патентной литературы позволяет предположить, что революционные преобразования мобильной сельскохозяйственной техники могут быть осуществлены на базе широкого применения электрической энергии и комплексной автоматизации.

В области энергетики сельскохозяйственного производства изыскания и исследования ведутся в двух направлениях: с одной стороны, разрабатываются и внедряются энергосберегающие технологии и технические средства, с другой — ведется поиск новых источников энергии и более совершенных способов передачи ее на расстояние.

Предполагается, что уже в ближайшем будущем существенно преобразятся энергетические машины: тяжелые тракторы будут заменены относительно легкими мобильными энергетическими средствами (МЭС), способными бесступенчато передавать до 80% мощности двигателя для привода активных рабочих органов и ходовых систем рабочих машин [14]. Конструкции МЭС в свою очередь окажут влияние на конструкции сельскохозяйственных машин. Так как рациональное использование мощности МЭС может быть осуществлено путем ее дробления (расчленения) и бесступенчатой передачи на отдельные звенья рабочей машины, то предполагается, что на смену механическим трансмиссиям придут сначала гидравлические, а затем электрические трансмиссии, наиболее удобные для передачи и дробления мощности.

Предполагается, что в более отдаленном будущем МЭС будут работать на электрической энергии. Использование электрической энергии откроет широкие возможности для автоматизации производственных процессов. Поэтому считается, что электрификация и автоматизация производственных процессов — основные направления в развитии сельскохозяйственной техники будущего.

Современный мобильный сельскохозяйственный агрегат управляется, как правило, одним человеком, поэтому повышение производительности труда за счет уменьшения числа механизаторов может быть достигнуто только путем замены человека автоматическим устройством. Это необходимо также для дальнейшего повышения производительности труда за счет увеличения рабочих скоростей мобильных агрегатов, так как современные скоростные агрегаты подошли к такому пределу, когда операции управления машиной и регулирования рабочего процесса агрегата должны совершаться с такой быстротой, с какой физиологические возможности человека не позволяют воздействовать на органы управления.

Разработка систем автоматизации производственных процессов в сельском хозяйстве развивается в двух направлениях: 1) создание средств автоматизации отдельных рабочих и вспомогательных процессов и операций; 2) создание комплексных автоматизированных систем. В настоящее время развитие автоматизации происходит преимущественно по первому пути, в перспективе на основе последовательной автоматизации отдельных рабочих и вспомогательных процессов будут созданы комплексно-автоматизированные системы контроля и управления сельскохозяйственными производственными процессами.

Чем больше научно-технический задел для перехода к следующему циклу развития техники, тем короче четвертая фаза ее развития, тем меньше потери, которые несет на этом этапе общество [15, с. 114]. Поэтому стратегия планирования научно-технического прогресса в 80-е годы нашего века должна быть направлена на развитие принципиально новых технических средств и технологий [18].

Литература

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 46, ч. 1.
2. Брежнев Д. Д., Рабочев И. С., Ильичев А. К. Повышение плодородия почв и рациональное использование земли — источник благосостояния общества. — Вестн. с.-х. науки, 1981, № 4.
3. Вавилов П. П. Задачи сельскохозяйственной науки в свете решений XXVI съезда КПСС. — Вестн. с.-х. науки, 1981, № 8.
4. Биосфера. Пер. с англ. М.: Мир, 1972.
5. Горячкин В. П. Работа живых двигателей. 2-е изд. М.: Агроном, 1914.
6. Горячкин В. П. Полн. собр. соч., т. 1. М.: Колос, 1965.
7. Зворыкин А. А., Осьмова Н. И., Чернышев В. И., Шухардин С. В. История техники. М.: Изд-во соц.-экон. лит-ры, 1962.
8. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелноративные машины. М.: Колос, 1980.
9. Комплексная механизация сельскохозяйственного производства. М.: МИИСП, 1981.
10. Кудрявцев П. С., Конфедератов И. Я. История физики и техники. М.: Просвещение, 1965.
11. Лисичкин В. А. Техника: прогнозы и реальность. М.: Знание, 1977.
12. Лурье А. Б., Любимов А. И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины. Л.: Машиностроение, 1981.
13. На форуме ученых (научная сессия ВАСХНИЛ, Москва, апрель, 1981 г.). — Вестн. с.-х. науки, 1981, № 8.
14. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства. Минск: Наука и техника, 1982.
15. Ситник В. К., Яковец Ю. В. Экономический механизм повышения эффективности производства. М.: Экономика, 1978.
16. Техника в ее историческом развитии. М.: Наука, 1979.
17. Яковец Ю. В. Экономический механизм освоения принципиально новой техники. — Вопр. экономики, 1982, № 6.
18. Яковец Ю. В. Повышение уровня плановой работы. М.: Экономика, 1982.

THE MAIN LAWS AND THE MODERN STAGE OF DEVELOPMENT OF THE MOBILE AGRICULTURAL TECHNICS

V. A. SAKUN

Having analysed the history of agricultural technics, the author has determined three definitely expressed cycles in its development, which differ from each other by the energetic base of production and by the level of the productivity of labour. The general principles of the analysis of the mobile agricultural technique development on the example of the ploughing aggregates are also worked out in the article. The conclusion is made about the necessity of the technical revolution in the development of this branch of technics.