

7. Жмудяк Л.М. Оптимизация рабочих процессов дизелей и нетрадиционных ДВС: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Новосибирск, 1993. – 34 с.

8. Grassmann P. Allg. Warmetechn., 1959, 9, № 4/5.

#### References

1. Selivanov N.I. i dr. Poteri moshchnosti v korobke peredach traktora K-701 // Sbornik. nauch. tr. KrasGAU. – 2000. – chast' 1.

2. Krokhta G.M., Ivannikov A.B. Eksergeticheskiy koeffitsient poleznogo ispol'zovaniya teploty sgorevshego v dvigatele topliva // Vestnik NGAU. – 2013. – № 1 (26).

3. Koshelev A.I. Issledovanie tyagovoi dinamiki pakhotnogo agregata na baze traktora T-150K: dis. ... kand. tekhn. nauk. – LSKhI, 1975.

4. Kashirin V.T. Issledovanie poter' v korobke peredach i na privode gidravlicheskiykh sistem traktora «Kirovets» // Povyshenie prokhodimosti i sovershenstvovanie konstruksii traktorov i avtomobilei. – 1975. – Tom 280. – 57 s.

5. Brodyanskii V.M. Eksergeticheskiy metod i perspektivy ego razvitiya // Teploenergetika. – 1988. – № 2.

6. Krokhta G.M. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii energonasyshchennykh traktorov v usloviyakh Zapadnoi Sibiri: dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Novosibirsk, 1995. – 329 s.

7. Zhmudyak L.M. Optimizatsiya rabochikh protsessov dizelei i netraditsionnykh DVS: avto-ref dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Novosibirsk, 1993. – 34 s.

8. Grassmann P. Allg. Warmetechn., 1959, 9, № 4/5.



УДК 631.3 Ю.Г. Горшков, А.А. Калугин, И.Н. Старунова, И.С. Житенко  
Yu.G. Gorshkov, A.A. Kalugin, I.N. Starunova, I.S. Zhitenko

## АНТИБЛОКИРОВОЧНАЯ СИСТЕМА КОЛЕСНЫХ МАШИН С ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ ТОРМОЗНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

### ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM OF WHEELED VEHICLES WITH PNEUMATIC BRAKING SYSTEMS

**Ключевые слова:** автомобиль, ABS, тормозная система, коэффициент сцепления.

Грузовые, легковые, специальные автомобили, сельскохозяйственные уборочные комбайны, жатки и т.д. занимают особое место среди колесных машин и других видов транспортных средств. Следует отметить важнейшую проблему автомобильного транспорта – обеспечение безопасности на дорогах, которая в значительной степени зависит от качества автомобильных тормозных систем. Очевидно, что электронное управляющее устройство способно существенно повысить тяговые возможности и активную безопасность мобильных колесных машин, работающих в условиях сельскохозяйственного производства. В странах Западной Европы, Японии и США электроника уверенно «прописалась» в современных тормозных системах. Анализ существующих работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам применения антиблокировочных систем (ABS) показывает, что в настоящее время недостаточно обосновано и изучено влияние ABS на устойчивость автомобиля. Предлагается принципиальная конструкция автоматической ABS, улучшающая управляемость и тормозные качества мобильных колесных машин, эксплуатируемых в сельскохозяйственном производстве. Электрическая схема управления работой ABS защищена патентом № 35298 РФ (авторы: Горшков Ю.Г., Бельх С.А., Кульпин Э.Ю. и др.). Анализ проведенных экспериментальных исследований автомо-

биля УАЗ-2206, оборудованного предложенной конструкцией ABS, доказывает эффективность ее применения для автомобилей, эксплуатируемых в сельскохозяйственном производстве. С определенной конструктивной доработкой предложенная авторами ABS может быть с успехом использована на других колесных машинах сельскохозяйственного назначения.

**Keywords:** automobile, anti-lock braking system (ABS), braking system, adhesion coefficient.

Load-carrying vehicles, cars, special vehicles, agricultural combine harvesters, reapers, etc. hold a special place among wheeled vehicles and means of transport. Road safety is highly dependent on the quality of automotive brake systems. It is obvious that the electronic control unit is able to significantly improve traction and active safety of mobile wheeled machines operating in agricultural production. Electronics is an essential component of modern brake systems in Western Europe, Japan and the U.S. The analysis of the Russian and foreign literature on ABS application shows that the ABS effect on vehicle stability is understudied and not sufficiently substantiated. The authors propose the conceptual design of automatic ABS which improves handling and braking features of mobile wheeled vehicles used in agricultural production. The electrical circuit controlling the operation of the ABS is covered by the Russian Federation Patent No. 35298 (Authors: Gorshkov Yu.G., Belykh S.A., Kulpin E.Yu, et al.).

The experimental tests of the UAZ-2206 vehicle equipped with the proposed ABS design prove the efficiency of its application in the vehicles operating in agricultural production. Provided some structural

modifications proposed by the authors, the ABS may be successfully used in other wheeled vehicles used in agriculture.

**Горшков Юрий Германович**, д.т.н., проф., каф. безопасности жизнедеятельности, Челябинская государственная агроинженерная академия. Тел.: (351) 265-56-08; 906-860-25-86. E-mail: bnmcot@mail.ru.

**Калугин Антон Александрович**, к.т.н., соискатель, Челябинская государственная агроинженерная академия. Тел.: (351) 265-56-08; 922-710-02-36. E-mail: starfruitworks@gmail.com.

**Старунова Ирина Николаевна**, к.т.н., доцент, директор института машиностроения и транспорта, Челябинская государственная агроинженерная академия. Тел.: (351) 265-56-08; 906-862-03-97. E-mail: bnmcot@mail.ru.

**Житенко Иван Сергеевич**, к.т.н., доцент, каф. безопасности жизнедеятельности, Челябинская государственная агроинженерная академия. Тел.: (351) 265-56-08; 912-302-65-99. E-mail: zhitenko77@yandex.ru.

**Gorshkov Yuriy Germanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Chelyabinsk State Agri-Engineering Academy. Ph.: (351) 265-56-08; 906-860-25-86. E-mail: bnmcot@mail.ru.

**Kalugin Anton Aleksandrovich**, Cand. Tech. Sci., Degree Applicant, Chelyabinsk State Agri-Engineering Academy. Ph.: (351) 265-56-08; 922-710-02-36. E-mail: starfruitworks@gmail.com.

**Starunova Irina Nikolayevna**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Director, Institute of Engineering and Transport, Chelyabinsk State Agri-Engineering Academy. Ph.: (351) 265-56-08; 906-862-03-97. E-mail: bnmcot@mail.ru.

**Zhitenko Ivan Sergeevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chelyabinsk State Agri-Engineering Academy. Ph.: (351) 265-56-08; 912-302-65-99. E-mail: zhitenko77@yandex.ru.

Грузовые, легковые, специальные автомобили, сельскохозяйственные уборочные комбайны, жатки и т.д. занимают особое место среди колесных машин и других видов транспортных средств. Достаточно сказать, что около 80% грузооборота страны выполняется грузовыми автомобилями. Это говорит о том, что автомобиль прочно вошел в систему энергообеспеченности всех сфер народного хозяйства.

Наряду с этим следует отметить важнейшую проблему автомобильного транспорта – обеспечение безопасности на дорогах, которая в значительной степени зависит от качества автомобильных тормозных систем. Эффективность и надежность тормозных систем составляют основу безопасности дорожного движения и динамических качеств колесных машин.

В настоящее время улучшение эффективности автомобильных тормозных систем в основном сводится к совершенствованию антиблокировочных электронных устройств, влияющих на сохранение курсовой и боковой устойчивости машин, а также сцепных качеств пневматических движителей в месте их контакта с поверхностью качения [1].

На данном этапе очевидно, что электронное управляющее устройство способно существенно повысить тяговые возможности и активную безопасность мобильных колесных машин, работающих в условиях сельскохозяйственного производства, поскольку позволяют быстро влиять на их эксплуатационные качества в зависимости от условий движения.

В странах Западной Европы, Японии и США электроника уверенно «прописалась» в современных тормозных системах. Напри-

мер, она позволяет эффективно, с сохранением устойчивости и управляемости, остановить автомобиль в любых дорожных условиях. Разработанные в вышеуказанных странах антиблокировочные системы (АБС) дают возможность в разной мере поставить под контроль тягово-сцепные возможности автомобилей и их поведение в сложных, а порой и критических дорожных условиях. Причем делается это на основе оценки объективных параметров движения, мгновенно и независимо от реакции водителя, тем самым облегчая его работу и предотвращая возможные ошибки управления в целом ряде ситуаций, где водитель действует на пределе своих возможностей.

Однако внедрение АБС в сельскохозяйственной местности для различных мобильных сельскохозяйственных машин усложняет техническое решение и вызывает необходимость изучения целого ряда вопросов, что определяется условиями эксплуатации, высокой маневренностью и конструкцией мобильной колесной техники.

В настоящее время отечественные колесные машины, по сравнению с мировым стандартом, уступают по таким качествам, как проходимость, управляемость, устойчивость, маневренность, безопасность движения и удобство управления.

Отечественные водители хорошо знают, как трудно остановить автомобиль на скользкой дороге. Чуть «перетормозил» – колеса сразу же блокируются, автомобиль перестает подчиняться рулевому колесу, машину начинает заносить.

Как известно, боковая сила по сцеплению достигает предельных значений при движении

на поворотах и выражается следующим образом [1-3]:

$$P_{ц} = G \cdot \frac{v^2}{R}, \quad (1)$$

где  $G$  – масса автомобиля, кг;  
 $v$  – поступательная скорость движения автомобиля, км/ч;

$R$  – радиус поворота автомобиля, м.

Формула (1) показывает, что регулировать боковую силу можно, изменяя поступательную скорость автомобиля и радиус поворота.

Продольная реакция дороги  $R_x$  (тормозная сила) может быть определена из выражения:

$$R_x = \frac{M_T - J_k \epsilon}{r_d}, \quad (2)$$

где  $M_T$  – тормозной момент, приложенный к колесу;

$J_k$  – момент инерции колеса;

$\epsilon$  – угловое замедление колеса;

$r_d$  – динамический радиус колеса.

Параметры  $J_k$  и  $r_d$  – регулированию не поддаются. Угловое замедление  $\epsilon$ , при прочих равных условиях, зависит от приложенного к колесу тормозного момента. Поэтому параметром, с помощью которого можно регулировать тормозную силу, является тормозной момент  $M_T$ .

Таким образом, единственно целесообразным способом обеспечения достаточной тормозной эффективности и хорошей устойчивости движения, является регулирование тормозного момента с помощью изменения давления в тормозном приводе (пневматическом или гидравлическом).

Чтобы избежать заноса, необходимо постоянно следить за проскальзыванием колес и корректировать давление тормозной жидкости или сжатого воздуха. Введение такой системы слежения за указанными параметрами является весьма сложным и дорогостоящим.

Анализ существующих работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам применения ABS, показывает, что в настоящее время недостаточно обосновано и изучено влияние ABS на устойчивость автомобиля [2-4]. Широкое внедрение ABS на мобильных колесных машинах в сельском хозяйстве Российской Федерации сдерживается высокой стоимостью и конструктивной сложностью этих систем. Поэтому, наряду с общим совершенствованием существующих ABS, большое практическое значение приобретает создание недорогого, упрощенного

варианта ABS, реализация которого может обеспечить более широкое применение данных систем на колесных машинах, эксплуатируемых в сельскохозяйственном производстве.

Способ управления процессом торможения должен быть автоматическим и базироваться хотя бы на косвенной информации о текущем сцеплении колес с дорогой.

Исследования ABS, проведенные на легковых автомобилях, показали, что при начальных скоростях торможения ( $V_0 = 50$  и  $100$  км/ч) на различных поверхностях (бетон сухой и мокрый, брусчатка сухая и мокрая, укатанный снег) снижение пути непосредственного торможения  $S_t$ , м составило от 12 до 30% [1-5]. Эти данные показывают явное преимущество ABS при анализе характеристик эффективности и безопасности движения транспортных средств.

Непосредственное измерение текущего сцепления, к сожалению, практически не реализуемо. Все попытки определить коэффициент сцепления локацией полотна дороги измерением электропроводности покрытия и другие приводили к тому, что с помощью дорогих и нетехнологичных на массовом автомобильном транспорте средств получались недостоверные результаты [2, 5, 6]. Гораздо проще оказалось сравнивать сцепление колес с дорогой по косвенному признаку изменения вращения скорости колеса. На этом принципе и должны быть построены ABS [7]. Основное назначение ABS – получив и обработав информацию о вращении колес автомобиля, управлять давлением сжатого воздуха или гидравлической жидкостью тормозной системы так, чтобы вероятность блокирования колес была минимальной.

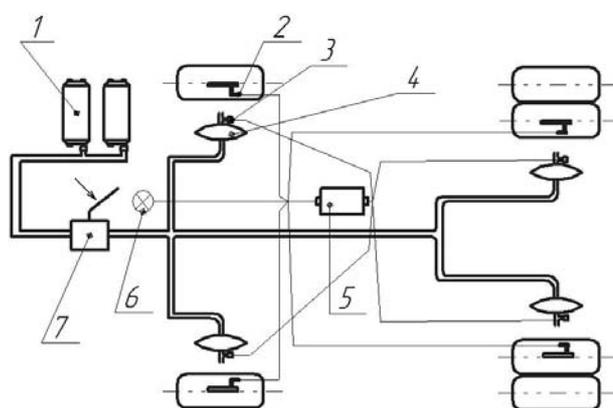


Рис. 1. Принципиальная схема ABS с пневматическим приводом тормозов:  
 1 – ресивер пневматической тормозной системы; 2 – индуктивный датчик углового ускорения колеса; 3 – электроклапан; 4 – тормозная камера; 5 – блок управления ABS; 6 – сигнальная лампа; 7 – тормозной кран

Предлагаемая нами принципиальная конструкция АБС – это автоматическая следящая система, улучшающая управляемость и тормозные качества мобильных колесных машин, эксплуатируемых в сельскохозяйственном производстве.

Работу АБС можно рассмотреть на примере автомобилей с пневматическим приводом тормозов. Принципиальная схема работы АБС представлена на рисунке 1.

Система работает следующим образом. Датчики угловых ускорений 2 фиксируют количество оборотов колес и их разность. В виде электроимпульсов эта фиксация передается в специальный блок управления со сравнителем угловых ускорений 5, где электрический ток усиливается и поступает в обмотку электроклапана 3 блокирующегося колеса. Сердечник, выполненный заодно целое с телом электроклапана, втягивается и перекрывает канал доступа воздуха из ресивера 1 в тормозную камеру 4 (рис. 2 б). В то же время тело клапана совмещает канал тормозной камеры с атмосферой.

Это снижает давление в тормозной камере за счет кратковременного перекрытия подачи сжатого воздуха из ресивера. При этом снижается давление колодок на тормозной барабан (диск), колесо вновь разгоняется. Как только последнее разблокировано, датчики угловых ускорений 2 фиксируют угловые ускорения колес, сигналы которых передаются в блок управления, который отключает электроклапан 3, выравнивая давление воздуха в ресивере и тормозной камере. Тормозная система продолжает работу в обычном режиме (рис. 2 а). В блоке управления сравнитель угловых ускорений обрабатывает сигналы от ведущих и ведомых колес.

Блок-схема управления предлагаемой АБС выполнена по следующему алгоритму (рис. 3).

Электрическая схема управления работой АБС подтверждена **патентом № 35298 РФ** (авторы: Горшков Ю.Г., Белых С.А., Кульпин Э.Ю. и др.).

Проведенные зарубежные и отечественные исследования дают основание предполагать, что коэффициент сцепления в большой степени оказывает влияние на величину замедления (блокировки) колеса при торможении (рис. 4) [1, 2, 4].

Анализ графика показывает, что с повышением коэффициента сцепления  $\phi$  количественные значения замедления  $\varepsilon$  (при торможении автомобиля и работе АБС) можно увеличить до значимых величин (рис. 4). Однако при экстренном (паническом) торможении на больших скоростях движения значительное увеличение замедления, в большинстве случаев, характеризуется нарушением курсовой и боковой устойчивости машин. Это обусловлено не только разностью и изменением сцепных качеств под колесами машины, но и несвоевременным (запаздыванием) включением в работу АБС.

В таблице представлены результаты экспериментальных исследований автомобиля УАЗ-2206, оборудованного АБС, и автомобиля, не оборудованного АБС.

Анализ проведенных экспериментальных исследований автомобиля УАЗ-2206, оборудованного предложенной конструкцией АБС, доказывает эффективность ее применения для автомобилей, эксплуатируемых в сельскохозяйственном производстве.

С определенной конструктивной доработкой предложенная авторами статья АБС может быть с успехом использована на других колесных машинах сельскохозяйственного назначения.



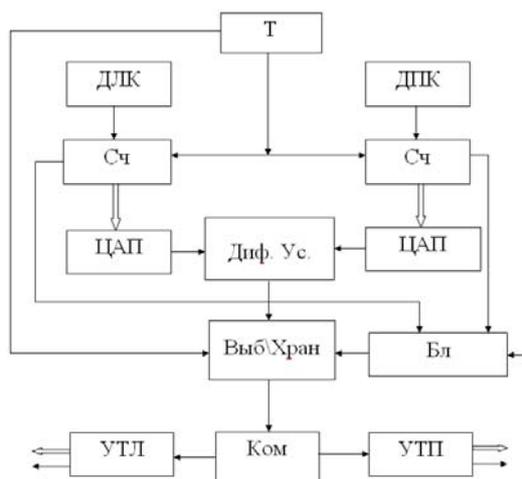


Рис. 3. Блок-схема управления АБС:

*T* – таймер; ДЛК, ДПК – соответственно, датчики левого и правого колес;  
 Сч – счетчик импульсов; ЦАП – цифроаналоговый преобразователь;  
 Диф. ус. – дифференциальный усилитель; Выб/Хран – устройство выборки-хранения;  
 Бл – блокиратор; Ком – компараторы;  
 УТЛ, УТП – усилители тока, соответственно, левого и правого колес

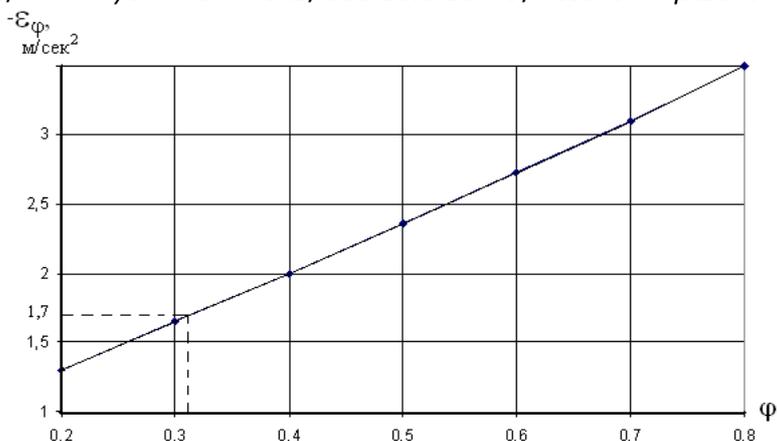


Рис. 4. Зависимость углового замедления колеса  $-\varepsilon_{\varphi}$  от коэффициента сцепления  $\varphi$

Таблица

**Результаты эксперимента тормозных качеств автомобиля УАЗ-2206, оборудованного предлагаемой конструкции АБС и автомобиля в штатной комплектации**

Начальная скорость торможения, км/ч	С включенной АБС (экстренное торможение)		Без АБС (экстренное торможение)		Прерывистое торможение	
	тормозной путь, м	угол отклонения	тормозной путь, м	угол отклонения	тормозной путь, м	угол отклонения
На обледенелой дороге с коэффициентом сцепления $\varphi = 0,1$						
40	61,2	-	62,99	5-8°	65,4	-
50	98	-	98,4	8-12°	102,1	-
60	138,1	-	141,7	17-22°	149,3	-
На дороге с покрытием «укатанный снег» с коэффициентом сцепления $\varphi = 0,2$						
40	31	-	31,5	5-7°	30,2	-
50	48,9	-	49,2	7-10°	51,6	-
60	70,6	-	71	10-15°	74,5	-
На асфальтированной дороге после дождя, коэффициент сцепления $\varphi = 0,5$						
40	12,5	-	12,6	3-7°	12,8	-
50	19,7	-	19,7	7-10°	20	-
60	28,3	-	28,3	10-15°	30,2	-
На несимметричном покрытии (асфальтированная дорога с участками гололеда) с коэффициентом сцепления $\varphi = 0,3$						
40	20,8	-	21,3	35-40°	22,4	5-10°
50	32,5	-	33,1	45-50°	34,7	8-12°
60	46,2	1-3°	47,4	60-70°	50,1	10-15°

**Библиографический список**

1. Чудаков Е.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. – М.: Колос, 1972. – С. 260-280.
2. Гуревич Л.В., Меламуд Р.А. Тормозное управление автомобиля. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
3. Горшков Ю.Г. Повышение эффективности функционирования системы «дифференциал – пневматический колесный движитель – несущая поверхность» мобильных машин сельскохозяйственного назначения: дис. ... докт. техн. наук. – Челябинск, 1999. – 311 с.
4. Кульпин Э.Ю. Повышение эффективности эксплуатации грузовых автомобилей в сельском хозяйстве автоматическим подтормаживанием буксующего колеса: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2012.
5. Гребенщикова О.А. Улучшение условий и охраны труда операторов мобильных колесных машин в условиях сельского хозяйства: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2012.
6. Gartman N. Entscheidet beim Landwirtschftstor der Reifen uber Zugrft // Schweiz Landechn. – 1975. – № 3. – 156 p.
7. Крестовников Г.А. Исследование механизма блокировки и самоблокирующихся дифференциалов // Проблемы повышения проходимости колесных машин: сб. ст. – М.: АН СССР, 1959.

**References**

1. Chudakov E.A. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya. – M.: Kolos, 1972. – S. 260-280.
2. Gurevich L.V., Melamud R.A. Tormoznoe upravlenie avtomobilya. – M., Transport, 1978. – 152 s.
3. Gorshkov Yu.G. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya sistemy «differentsial-pnevmaticheskii kolesnyi dvizhitel' – nesushchaya poverkhnost'» mobil'nykh mashin sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya: Diss. ... dokt. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 1999. – 311 s.
4. Kul'pin E.Yu. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii gruzovykh avtomobilei v sel'skom khozyaistve avtomaticheskim podtormazhivaniem buksuyushchego kolesa: Diss. ... kand. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2012.
5. Grebenschikova O.A. Uluchshenie uslovii i okhrany truda operatorov mobil'nykh kolesnykh mashin v usloviyakh sel'skogo khozyaistva: Diss. ... kand. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2012.
6. Gartman N. Entscheidet beim Landwirtschftstor der Reifen uber Zugrft // Schweiz Landechn. – 1975. – No. 3. – 156 p.
7. Krestovnikov G.A. Issledovanie mekhanizma blokirovki i samoblokiruyushchikhsya differentsialov // Problemy povysheniya prokhodimosti kolesnykh mashin: sb. st. / AN SSSR. – M., 1959.



УДК 621.365.46.014.144:664.8.039.5:635.11 **И.В. Алтухов, В.Д. Очиров**  
I.V. Altukhov, V.D. Ochirov

**СКОРОСТЬ НАГРЕВА СВЕКЛЫ ПРИ ИК-ЭНЕРГОПОДВОДЕ**

**HEATING RATE BEET WHEN DRIED WITH INFRARED ENERGY SUPPLY**

**Ключевые слова:** скорость нагрева, свекла, сушка, температура нагрева, ИК-энергоподвод, постоянная времени нагрева, геометрические и теплофизические свойства, питательные вещества, средневолновое излучение, влагосодержание.

Представлены теоретически определенные данные по скорости нагрева измельченных корнеплодов свеклы в зависимости от геометрических и теплофизических свойств при удалении влаги из корнеплодов инфракрасным излучением. Размеры измельченных корнеплодов свеклы варьируются в интервале от 25×3×3 до 40×6×6 мм. Содержание влаги в продукте изменяется в пределах от 80 до 10%. Расчеты проведены для диапазона температур от 40 до 60<sup>0</sup>С. Приведено условие оптимальной обработки свеклы: скорость нагрева материала до предельно допустимой температуры в процессе обработки их инфракрасным излучением не должна превышать значений,

получаемых в результате деления предельно допустимой температуры для данного материала и процесса на постоянную времени нагрева материала. Также приведено выражение для постоянной времени нагрева: постоянная времени нагрева определяется как такое время, в течение которого превышение температуры материала достигло бы установившегося значения, если бы не было отдачи теплоты в окружающую среду. Полученные данные представлены в табличном и графическом вариантах. Анализ кривых показывает, что скорость нагрева увеличивается при снижении влагосодержания и уменьшения размеров измельченных корнеплодов. Для свеклы скорость нагрева варьируется в мягких режимах – от 0,1 до 1,2<sup>0</sup>С/с. В связи с чем можно сделать вывод, что в начале процесса сушки свеклы для быстроты процесса необходимо подводить высокую температуру, а с постепенным удалением влаги температуру нагрева необходимо снижать в зависимости от влагосодержания.