

501
1979

სსრ კავშირის სოფლის მეურნეობის სამინისტრო
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР



შრომის წითელი დროშის ორდენისანი
საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტი
Грузинский ордена Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственный институт

საქართველოს
სასოფლო-სამეურნეო
ინსტიტუტი

სამეცნიერო შრომები, ტ. 110 ტ., НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მექანიზაცია,
ელექტრიფიკაცია და ჰიდრომელიორაცია
МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ГИДРОМЕЛИО-
РАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

სსრ კავშირის სოფლის მეურნეობის სამინისტრო
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР



შრომის წითელი დროშის ორდენოსანი
საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტი
Грузинский ордена Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственный институт

სამეცნიერო შრომები, ტ. 110 ტ., НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მექანიზაცია,
ელექტრიფიკაცია და ჰიდრომედია
МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ГИДРОМЕДИО-
РАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

მექანიზაცია, ელექტრიფიკაცია და ჰიდრომელიორაცია
რაციის სერიის ტომის მასალები განხილულია მექანი-
ზაცია, ელექტრიფიკაციისა და ჰიდრომელიორაციის
ფაკულტეტების სამეცნიერო საბჭოს სესიის შედეგად
წონებულია შრომის წითელი დროშის ტიტულით
საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის
სამეცნიერო საბჭოს მიერ.

Материалы тома серии — Механизация, элек-
трификация и гидромелиорация — рассмотрены
на заседании Ученого совета факультетов меха-
низации, электрификации и гидромелиорации —
и одобрены Ученым советом Грузинского ордена
Трудового Красного Знамени сельскохозяйствен-
ного института.

მთავარი რედაქტორი აკად. ვ. მეტრეველი

სარედაქციო კოლეგია: ზ. ბობოხიძე (პ/მგ. მდივანი), პროფ. მ. გუგუშვილი
(მთ. რედ. მოადგილე), პროფ. ა. კეჩუაშვილი, დოც. გ. მშვიდლობაძე
(მთ. რედ. მოადგილე), პროფ. ი. ნათიშვილი, დოც. ი. ტულუში, დოც.
თ. ჭაცარავა, დოც. გ. ქემოკლიძე, დოც. გ. შალამბერიძე, პროფ. გ. შხვაცია
ბაია, პროფ. ბ. ჩიკვაშვილი (მთ. რედ. მოადგილე), პროფ. გ. ხანთაძე.

Главный редактор акад. В. И. Метревели

Редакционная коллегия: Дж. П. Бобохидзе (отв. секретарь), проф.
М. М. Гугушвили (зам. гл. редактора), доц. Т. Э. Кацарავა, доц.
Г. Г. Кемоклидзе, проф. А. Г. Кечхуашвили, доц. Г. И. Мшвидоба-
дзе (зам. гл. редактора), проф. О. Г. Натишвили, доц. Г. Э. Тугуши,
доц. Г. А. Шаламберидзе, проф. Г. И. Шхвацабая, проф. Б. М. Чик-
вашвили (зам. гл. редактора), проф. Г. А. Хантадзе.



ქართული
ბიზლიროთეკა

სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მექანიზაცია

МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА

УДК 633.72:631.37

Г. Я. ШХВАЦАБАЯ

**КАБЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСЕТЬ НА ПЛАНТАЦИЯХ ЧАЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ
РУЧНЫХ ЭЛЕКТРОМОТОРНЫХ ЧАЕСБОРОЧНЫХ И
ПОДРЕЗОЧНЫХ МАШИН**

16.391

В соответствии с Постановлением Совета Министров республики, в Тбилиси, с 1979 года, Грузсельмаш начал массовое производство ручных электромоторных чаесборочных и подрезочных машин для их широкого внедрения в производство.

Предпочтение дается электромоторным машинам с питанием (приводом) от проведенной в плантациях постоянной воздушной электросети или от переносного генератора.

Электромоторная машина с питанием от переносного генератора, несмотря на ряд положительных сторон (автономность, а главное отпадает необходимость строительства постоянной электросети на плантациях), страдает тем недостатком, что для выработки электроэнергии нуждается в бензине, в 14 раз удорожающая стоимость расходуемой энергии, по сравнению с потребляемой от постоянной электросети. Тут же следует отметить, что потребление бензина требует организации нефтебаз. Поэтому применение переносных генераторов будет ограничено.

Более надежной и экономически эффективной для питания ручных электромоторных чаесборочных и подрезочных машин, на сегодня, следует признать постоянную электросеть. Но как быть с присущей этой последней недостатками? Ведь на постройку воздушной сети требуется в среднем на 1 га плантации чая 5—6 шт. деревянных столбов и подпорок, иначе говоря требует больших капиталовложений (около 600 руб. на 1 га), огромного количества дефицитного материала и длительного времени на ее строительство на десятках тысяч га чайных плантаций.

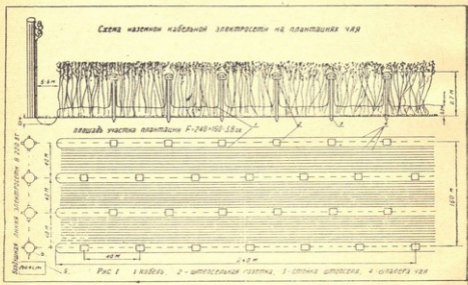
საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტი
საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტი

Так, например, для постройки воздушной электросети на предполагаемых 50 тысяч га плантациях чая, потребуется израсходовать около 30 миллионов рублей, включая стоимость 300—350 тысяч 9 метровых деревянных столбов и проводов. Вместе с этим необходимо учесть и то, что строительство сети, как показывает практика, может затянуться на 20—25 лет.

Нельзя не учесть и того обстоятельства, что в условиях субтропического климата деревянные столбы электросети сравнительно быстро выходят из строя. Так, построенная в 1974—75 годах в Очхамурском совхозе сеть уже требует капитального ремонта вследствие гниения столбов. И это все может сильно затормозить темпы широкого внедрения в производство ручных чаесборочных и подрезочных машин, что и ощущается в настоящее время.

Кроме того, покрытие сетью оголенных проводов, напряжением в 220 вт, десятков тысяч гектаров плантаций чая, весьма нежелательно по соображениям техники безопасности и сложностью ремонта и ухода за сетью.

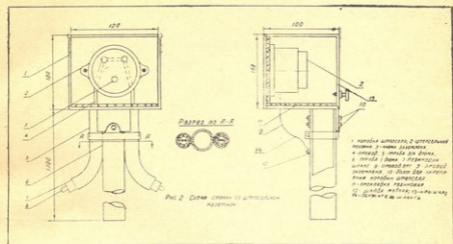
Избежать всего этого можно, если на чайных плантациях вместо воздушной электросети строить наземную закрытую сеть, (рис.



1), разработанную на кафедре уборочных машин Грузинского сельскохозяйственного института. Вместо воздушки, посредством резинового шланга 22 мм (кабеля 1), заключающего электропровод ВРГ-

2,5-4 мм², электросеть прокладывается в кустах 4 (шпалорах чая) на высоте примерно 20 см от земли. В будущем, очевидно, для этой цели возможно изготовить специальный кабель 2,5—4,0 мм. Причем кабель на плантациях, повторяю, прокладывается в кустах (и в шпалорах) поверхностью земли внутри шпалеры, а не под землей, как неправильно предлагают некоторые специалисты.

Укладка кабеля производится посредством простого укладывания на ветви кустов, путем раздвижения последних. Через каждые 40 м, на кабеле 1 устанавливаются штепсельные коробки 3, которые закрепляются на стойках 2, расставленных на плантациях в шахматном порядке. Стойка штепсельного узла (рис. 2) изготавливается



из дюймовой трубы или 20 мм арматуры, длиной 1,2 м, к которой с обеих сторон приварены трубки 3/4 дюйма 5, длиной 6 см. В трубки вставляются концы резиновых шланг и укрепляются держателями 14. Стойка заглубляется в землю на 0,8 м. На вершине стойки 2 укреплена коробка 1 с резиновой прокладкой 11, с открывающейся крышкой 13, в которой помещена закрытая штепсельная розетка. Высота стойки со штепселем не превышает 0,5—0,6 м от поверхности земли.

Для заземления штепсельной розетки служит корпус стойки 2 с припаянной бронзовой шайбой 12, который проводом 9 соединен с клеммой 3 штепселя. На изреженных местах плантации и местах развороте трактора кабель закапывается в землю на глубину 0,4 м.

К плантациям чая от трансформаторной подстанции 5 прокла-

дывается кабель 220 в, который закапывается в землю на глубину 30 см. Через каждые 40 м кабель с помощью распределителя в соединяется со штепсельной коробкой 3, установленной на стойке в кустах чая. В нерабочие часы, ток электросети обязательно отключается.

Для работы часеборочных аппаратов с моторами постоянного тока 70 вт на 24 вт к штепселям кабеля поочередно присоединяются переносные трансформаторы-преобразователи, к которым подключаются по два аппарата с 50-метровыми питающими кабелями. Если же трансформатор подключить к штепселю распределителя электропередачи, то напряжение тока в кабельной сети плантации будет 24—26 в, что совершенно безопасно для человека, кроме того отпадает перебазирование трансформатора от одного штепселя к другому.

Увеличение количества штепсельных точек до 6 шт. на 1 га плантации (при воздушной сети их три) даст возможность сократить 50-метровый кабель сборочного аппарата до 30 м, что в свою очередь может намного облегчить труд сборщика и повысить производительность труда. Укорочение питающего кабеля в будущем создает условие для увеличения ширины рабочего захвата сборочного аппарата до 400 мм, что дополнительно увеличит его производительность на 20%.

Кабельная электросеть дает возможность беспрепятственно проводить все агротехнические операции в междурядьях чая, в том числе и полив дождеванием. В силу того, что кабель укрыт в кустах шпалеры чая, он надежно защищен от механического повреждения и безопасен для рабочего. Сеть почти не требует ухода и может служить без капремонта свыше 10 лет.

Конструктивные преимущества налицо, а каковы экономические? Для постройки наземной сети на 1 га плантации чая потребуется 250 м резинового шланга диаметром 22 мм, весом 80 кг, 250 м электропровода ВРГ-2,5-4 мм, весом 20 кг, 9 м дюймовой трубы или арматуры для 6 шт. стоек, 6 шт. коробок и 6 шт. штепсельной розетки.

Приблизительная стоимость строительства наземной закрытой электросети на 1 га плантации чая

- | | | |
|--------------------------------------------------|--------------|-------------|
| 1. Резиновый шланг 22 м,
толщина стенки 4 мм, | 250 м × 18 к | 45 р. |
| 2. Провод ВРГ-2,5-4 мм, | 250 × 15 к | 37 р. 50 к. |
| 3. Стойки (труба дюймовая) | 10 м × 80 к | 8 р. |

4. Приставки к стойкам (труба 3/4 дюйма)	2 м × 50 к	1 р.
5. Штепсельные розетки	6 шт. × 1 р.	6 р.
6. Закрытая коробка	6 шт. × 4 р.	24 р.
7. Сборка штепсельного узла	6 шт. × 4 р.	24 р.
8. Протягивание провода в резиновую оболочку	250 р. × 10 к	25 р.
9. Укладка кабеля в кусты шпалер чая	250 р × 10 к	25 р.
10. Установка стоек со штепселями	6 шт. × 2 р.	12 р.
Итого:		207 р. 50 к.

Подтверждением приведенного расчета могут служить реальные данные совхоза Сиды им. Конституции, где на постройку своими силами экспериментального участка вышеописанной электросети на 8 га плантации было израсходовано всего 2009 руб. или на 1 га 251 руб., включая стоимость материалов.

По этим фактическим данным можно заключить, что при условии заводского производства штепсельного узла со стойкой, который целиком можно изготовить из пластмассы, стоимость строительства наземной закрытой электросети на 1 га плантации чая уложится в 200 руб, т. е. по сравнению со строительством воздушной электросети обойдется в 2,5—3 раза дешевле, сохранив при этом десятки тысяч кубометров дефицитных деревянных столбов.

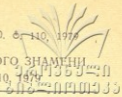
Проведенный первый опыт строительства кабельной электросети на чайных плантациях весной 1979 года в совхозе Сиды им. Конституции Гальского района показал, что ее можно легко и быстро строить собственными силами колхозов и совхозов на любых участках плантации.

Что же касается результатов эксплуатации вышеописанной электросети, то построенная на чайных плантациях весной 1979 года в совхозе Сиды, она работает вполне удовлетворительно.

Так, например, в совхозе Сиды, комсомольская бригада из 4-х человек: Бориса Цквитария, Элдара Цквитария, Леонти Шенгелия и Муртаза Джолия, при помощи электромонтера Михаила Убирия, под руководством директора совхоза инженера Р. И. Хурцилава, за 10 дней изготовили штепсельные узлы и построили данную кабельную сеть на 8 га плантации, где та же бригада комсомольцев успешно собирает чай ручными электромоторными машинами.

Исходя из всего изложенного можно заключить, что как показывают расчеты, весьма целесообразно перейти от воздушной электросети на чайных плантациях к наземной, кабельной. И это одно из важнейших условий дальнейшего успешного развития механизации чаесборочных работ.

147.1353.02.0
808-1110333



УДК 631.31

მ. გუგუშვილი, ლ. ქობულაძე

**ნიადაგის ნაწილაკის მოქროვის ხასიათი სხვადასხვა ფორმის სამუშაო
შედეგებზე**

მიწათმოქმედების მექანიკის ფუძემდებელმა აკად. ვ. პ. გორიაჩინმა დაგვიტოვა უმდიდრესი სამეცნიერო მემკვიდრეობა. მისი უდიდესი დამსახურება მდგომარეობს იმაში, რომ მან პირველმა დაამუშავა და გამოიყენა მეცნიერული მეთოდები სასოფლო-სამეურნეო მანქანების შექმნისათვის, ზოლო მისმა მოწაფეებმა განავითარეს და დაამუშავეს ნიადაგის ჭრისა და დეფორმაციის პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის საფუძვლები.

ნიადაგის ჭრისა და დეფორმაციის პროცესების შესწავლას ეძღვნება გამოჩენილი მეცნიერების: ა. დალინის, ნ. დომბროვსკის, ა. ზელენინის, ი. ვეტროვის, ვ. ქელივოვსკის, პ. ვასილენკოს და სხვათა შრომები.

ნიადაგდამამუშავებელი სასოფლო-სამეურნეო მანქანების სამუშაო ორგანოების უმეტესი ნაწილი, ძირითადად წარმოადგენს ორწახნაგოვანი (გამაფხვიერებელი) ან სამწახნაგოვანი (ბრტყლადმჭრელი, გუთნის ტანი) სოლის წაირსახეობას. ამიტომ ამ სამუშაო ორგანოების ნიადაგთან მოქმედება უნდა განვიხილოთ, როგორც ორწახნაგოვანი და სამწახნაგოვანი სოლების მიერ გამოწვეული ნიადაგის დეფორმაცია.

ნიადაგის დეფორმაციის ხასიათი დამოკიდებულია ნიადაგის ტენიანობასა და სიმკვრივეზე. მაგარი და მშრალი ნიადაგი იხლიჩება მცირე სიღრმის ნაჭრებად. მოთიხნარო-ტენიანი ნიადაგი აიხლიჩება ლენტისმაგვარად და მოხვდება რა სოლის სამუშაო ზედაპირზე, გაილუნება მუშა ორგანოს ფორმის შესაბამისად.

სოლის მუშაობაზე დიდ გავლენას ახდენს ხახუნის ძალა, რომელიც წარმოიშობება, როგორც სამუშაო ზედაპირზე, ასევე სოლის საყრდენ ზედაპირზე. ხახუნის ძალის სიდიდეზეა დამოკიდებული ძალის მთლიანი ხარჯი და შესრულებული სამუშაოს ხარისხი. ამის გამო დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ხახუნის ძალის შემცირებას.

ორწახნაგა სოლის მუშაობის შემთხვევაში, როდესაც სპრიტის სიბრტყე AB დახრილია ჰორიზონტის მიმართ α კუთხით (ნახ. 1), მასზე G წონის ნიადგის მალა აწევისათვის საჭირო ძალა გამოითვლება ABC ძალთა სამკუთხედიდან:

$$\frac{P}{G} = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin[180^\circ - (\alpha + \varepsilon + \varphi)]} = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin(\alpha + \varepsilon + \varphi)}$$

საიდანაც

$$P = G \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin(\alpha + \varepsilon + \varphi)} \quad (1)$$

ამ ტოლობის ანალიზიდან ჩანს, რომ α კუთხის გადიდებით იზრდება P ძალის სიდიდე.

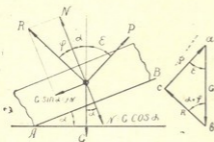
ახლა განვიხილოთ ისეთი შემთხვევა, როდესაც G მასის მქონე ნიადგის გადასადგილებლად ძალა P მოქმედებს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში (ნახ. 2).

მე-2 ნახაზიდან შეიძლება დავწეროთ შემდეგი გაატოლება:

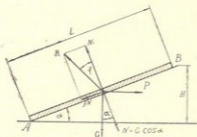
$$\begin{aligned} \frac{P}{G} &= \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\sin[90^\circ - (\alpha + \varphi)]} = \\ &= \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)} = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \end{aligned}$$

საიდანაც

$$P = G \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2)$$



ნახ. 1.



ნახ. 2

მე-2 ფორმულის გამოყენება ოპტიმალური α -სთვის შეზღუდულია ბელტის აწევის სიმაღლით H და სოლის დახრილი ზედაპირის L სიგრძით.

H-ის და L-ის გადიდებით მცირდება ნიადაგის გადაადგილების სიჩქარე სოლის ზედაპირზე და ვიალწევს თავის მინიმალურ მნიშვნელობას ($V_{\text{ნიაფ.მინ.}} = 0$) იმ ადგილას, სადაც წყდება ნიადაგის მოძრაობის მნიშვნელობა. რილი ბელტი გადავარდება გვერდზე ან აიხვეტება სოლის წინა მხარეს ამრიგად, ნიადაგთან სოლის შეხების საწყის უბანზე ნიადაგის გადაადგილების სიჩქარე მაქსიმალურია და დაახლოებით სოლის გადაადგილების სიჩქარის ტოლია, ე. ი. $V_{\text{ნიაფ.მაქ.}} = V$.

სოლის სამუშაო ზედაპირის დანარჩენ მონაკვეთზე $V_{\text{ნიაფ.}} < V$. ამიტომ P ძალა შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად

$$P = \frac{V}{V_{\text{ნიაფ.}}} \cdot F \cdot L \cdot \gamma \cdot \text{tg } \alpha + \varphi \quad (3)$$

ამ ტოლობიდან ჩანს, რომ P ძალა იზრდება სოლის გადაადგილების სიჩქარესა და ნიადაგის სოლის ზედაპირზე გადაადგილების სიჩქარის ფარდობის პროპორციულად.

$V_{\text{ნიაფ.}}$ საგრძნობლად შემცირების დროს P ძალა მკვეთრად იზრდება. ნიადაგის დამუშავების სხვადასხვა სიღრმისათვის α -ს ოპტიმალური მნიშვნელობა სხვადასხვა იქნება.

მრავალი მკვლევარის მიერ ჩატარებული ცდების შედეგად დადგენილია, რომ ნიადაგის 10—15 სმ-ის სიღრმეზე დამუშავებისას გაფხვიერების საუკეთესო შედეგებია მიღებული მაშინ, როცა $\alpha = 15^\circ$, ხოლო როდესაც α იზრდება, მაშინ ნიადაგის მოძრაობის სიჩქარე საგრძნობლად მცირდება და შესაბამისად იზრდება წვევის ძალა. α კუთხის 30° -ზე მეტად გაზრდა იწვევს ნიადაგის წახვეტას და სამუშაო ორგანოს ამოღრმავებას ნიადაგიდან.

ქვემოთ მოგვყავს სწორხაზოვანი და მრუდხაზოვანი სამუშაო ორგანოების მუშაობის ზოგიერთი თეორიული მოსაზრება.

მიღებული შედეგების ურთიერთშედარების მიზნით ვიხილავთ სამ შემთხვევას:

1. ბრტყელი ორწახნაგოვანი სოლი, რომელიც პორიზონტთან ადგენს α კუთხეს.
2. ამოხნეკილი მრუდხაზოვანი სოლი, რომელიც შემოხაზულია $r = \text{const}$ რადიუსით.
3. ჩაზნეკილი მრუდხაზოვანი სოლი, რომელიც შემოხაზულია $r = \text{const}$ რადიუსით.

ნიადაგის ნაწილაკის შესაძლო გადაადგილება სოლის ზედაპირზე გაპირობებულია შემდეგი წინასწარი დაშვებით:

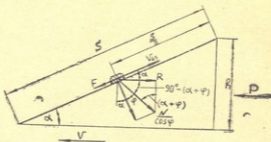
ა. სოლის ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკის ნორმალური დაწოლა მიმართულია ზედაპირის მართობად ქვევით.

ბ. წინაღობის ძალა R ცვალებადია და დამოკიდებულია სოლის სიმაღლეზე.

გ. სოლის დახრის კუთხე ჰორიზონტთან— α მუდმევე უდრის.

ა კუთხით დახრილი სოლის ზედაპირზე ნიადაგის ტრაექტორიების სიჩქარე წარმოადგენს სოლის სიჩქარეს. დავუშვათ, რომ ნიადაგის ნაწილაკი თანაბრად გადაადგილდება სოლის ზედაპირზე და მისი მოძრაობის ტრაექტორია ემთხვევა სოლის სამუშაო ზედაპირის მიმართულებას.

1. განვიხილოთ ისეთი შემთხვევა, როდესაც ნიადაგის ნაწილაკი მოძრაობს ბრტყელი ორწახნავა სოლის ზედაპირზე (ნახ. 3). ამ დროს ნიადაგის ნაწილაკის



ნახ. 3

სრიალის სიჩქარე შემდეგნაირად გამოისახება:

$$V_{სრ.} = \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}$$

ნახაზიდან გამომდინარეობს, რომ

$$F_1 = f \cdot mg \cdot \cos \alpha \quad \text{და} \quad F_2 = f \cdot \frac{\cos \varphi}{\sin(\alpha + \varphi)}$$

ხოლო

$$R = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\alpha + \varphi).$$

განსახილველ შემთხვევაში ცვალებადია სოლის სამუშაო ზედაპირის სიგრძე S და სოლის სიმაღლე h .

უნდა განვსაზღვროთ: ნიადაგის ნაწილაკის გადაადგილების (სრიალის) სიჩქარე— $V_{სრ.}$, აჩქარება— $a_{სრ.}$, ამ მანძილის გავლისათვის საჭირო დრო— t და ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორია.

ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის ვანტოლება შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:

$$m \frac{dV}{dt} = -N \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha - P \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

მიღებული განტოლების ორივე მხარე გავყოთ m -ზე, მივიღებთ ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის აჩქარებას:

$$a_{\text{სრ.}} = \frac{dV_{\text{სრ.}}}{dt} = -\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha - \frac{P}{m} \cdot \cos \varphi; \quad (5)$$

მე-5 განტოლება გავაინტეგრავთ t -თი, მივიღებთ ნიადაგის ნაწილაკის სიჩქარეს:

$$V_{\text{სრ.}} = \left[-\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha - \frac{P}{m} \cdot \cos \alpha \right] \cdot t; \quad (6)$$

ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის დრო განისაზღვრება მე-6 ფორმულიდან:

$$t = \frac{V_{\text{სრ.}}}{-\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha - \frac{P}{m} \cdot \cos \alpha}; \quad (7)$$

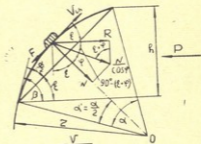
ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორიის განტოლება კი ცხადია იქნება:

$$y = ax + b; \quad (8)$$

2. განვიხილოთ ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობა ამოზნექილ სამეშაო ორგანოს გეომეტრიულ ზედაპირზე (ნახ. 4).

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ნიადაგის ნაწილაკი მოძრაობს მუდმივი რადიუსის მქონე რკალის ზედაპირზე, ამ შემთხვევაში სრი-ალის სიჩქარე ტოლი იქნება:

$$V_{\text{სრ.}} = V \cdot \frac{\cos \left[\varphi + \left(\varepsilon + \frac{\alpha}{2} + \alpha' \right) \right]}{\cos \varphi};$$



(ნახ. 4)

მე-4 ნახაზიდან ჩანს, რომ

$$\frac{\alpha}{2} = \alpha' \quad \text{და} \quad \varepsilon = \beta - \frac{\alpha}{2}$$



მაშასადამე, სრიალის სიჩქარე ტოლი იქნება:

$$V_{სრ.} = V \cdot \frac{\cos(\varepsilon + \varphi)}{\cos \varphi};$$

ასევე მე-4 ნახაზიდან გამომდინარეობს, რომ:

$$R = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi);$$

$$F_1 = mg \cdot \cos \varepsilon \cdot f; \quad \text{და} \quad F_2 = N \cdot f = f \cdot \frac{N}{\cos \varphi};$$

$$\text{ან} \quad F_2 = f \cdot \frac{R \cdot \cos \varphi}{\sin(\varepsilon + \varphi)}; \quad N = \frac{R \cdot \cos \varphi}{\sin(\varepsilon + \varphi)};$$

წიადავის ნაწილაკის მოძრაობის განტოლება, მუდმივი რადიუსის მქონე მრუდხაზოვანი (ამოზნევილი) სამუშაო ორგანოს ზედაპირზე შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:

$$m \frac{dV_{სრ.}}{dt} = -N \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) \cdot \cos \varepsilon - P \cdot \cos \varepsilon, \quad (9)$$

ამ განტოლების ორივე მხარის m -ზე გაყოფით მივიღებთ წიადავის ნაწილაკის მოძრაობის აჩქარებას:

$$a_{სრ.} = \frac{dV_{სრ.}}{dt} = -\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) \cdot \cos \varepsilon - \frac{P}{m} \cdot \cos \varepsilon; \quad (10)$$

მე-10 ტოლობის t -თი გაინტეგრირებით მივიღებთ წიადავის ნაწილაკის მოძრაობის სიჩქარეს:

$$V_{სრ.} = \left[-\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) \cdot \cos \varepsilon - \frac{P}{m} \cdot \cos \varepsilon \right] \cdot t; \quad (11)$$

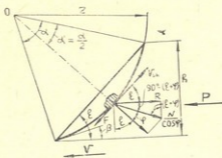
მე-11 ფორმულიდან ვსაზღვრავთ წიადავის მოძრაობის დროს:

$$t = \frac{V_{\text{სრ.}}}{-\frac{N}{m} \cdot \text{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) \cdot \cos \varepsilon - \frac{P}{m} \cdot \cos \varepsilon} \quad (12)$$

მრუდხაზოვან ($r = \text{const}$) ზედაპირზე წიადაგის ნაწილაკის მოძრაობისას ასე გამოისახება:

$$x^2 + y^2 = r^2; \quad (13)$$

3. წიადაგის ნაწილაკის მუდმივი რადიუსის მქონე ჩაზნექილ სამუშაო ორგანოს ზედაპირზე მოძრაობისას (ნახ. 5) მისი მოძრაობის სრიალის სიჩ-



ნახ. 5.

ქარე ტოლი იქნება:

$$V_{\text{სრ.}} = V \cdot \frac{\cos \left[\varphi + \left(\varepsilon - \frac{\alpha}{2} + \alpha' \right) \right]}{\cos \varphi};$$

ნახაზიდან ჩანს, რომ

$$\alpha' = \frac{\alpha}{2}.$$

მაშინ:

$$V_{\text{სრ.}} = V \cdot \frac{\cos(\varepsilon + \varphi)}{\cos \varphi}.$$

ხოლო

$$R = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin \left[\varphi + \left(\varepsilon - \frac{\alpha}{2} + \alpha' \right) \right] = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi).$$

და

$$N = \frac{R \cdot \cos \varphi}{\sin \left[\varphi + \left(\varepsilon - \frac{\alpha}{2} + \alpha' \right) \right]} = \frac{R \cdot \cos \varphi}{\sin(\varepsilon + \varphi)}.$$

ამავე დროს

$$F_1 = mg \cdot \cos \varphi \quad \text{და} \quad F_2 = f \cdot N = f \cdot \frac{R \cdot \cos \varphi}{\sin(\varepsilon + \varphi)} \quad (13)$$

ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის განტოლება. მუდმივ მოძრაობას შეიძლება მრუდხაზოვანი (ჩაზნექილი) სამუშაო ორგანოს ზედაპირზე შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:

$$m \frac{dV_{\text{ს.}}}{dt} = -N \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) - P \cdot \cos \varepsilon; \quad (14)$$

ამ განტოლების ორივე მხარე გავყოთ m -ზე, მივიღებთ ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის აჩქარებას:

$$a_{\text{ს.}} = \frac{dV_{\text{ს.}}}{dt} = -\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) - \frac{P}{m} \cdot \cos \varepsilon; \quad (15)$$

მიღებული (15) განტოლება გავაინტეგრავთ t -თი, მივიღებთ ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის სიჩქარეს:

$$V_{\text{ს.}} = \left[-\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) - \frac{P}{m} \cdot \cos \varepsilon \right] \cdot t; \quad (16)$$

აქედან განვსაზღვრავთ ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის დროს:

$$t = \frac{V_{\text{ს.}}}{-\frac{N}{m} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{N}{m \cdot \cos \varphi} \cdot \sin(\varepsilon + \varphi) - \frac{P}{m} \cdot \cos \varepsilon} \quad (17)$$

ხოლო ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორია, გამოისახება იგივე განტოლებით, როგორც წინა შემთხვევაში (13).

მიღებული ფორმულების (6,11 და 16) ანალიზიდან ჩანს, რომ სხვადასხვა ფორმის სამუშაო ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკის გადაადგილების დროს სრიალის სიჩქარე ($V_{\text{ს.}}$) სხვადასხვა მნიშვნელობისაა.

ჩვენ მიერ განხილული სამივე ფორმის სამუშაო ორგანოებისათვის ნიადაგის ნაწილაკის სრიალის სიჩქარე უარყოფითი მნიშვნელობისაა.

სრიალის სიჩქარე ($V_{\text{ს.}}$) ნაკლებია მაშინ, როდესაც ნიადაგის ნაწილაკი მოძრაობს ჩაზნექილი ფორმის სამუშაო ორგანოს ზედაპირზე (იხ. ფორმულა 16).

ამოზნექილი ფორმის სამუშაო ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის დროს, ნაწილაკის სრიალის სიჩქარე გამოისახება მე-11 ფორმულა



ლით, როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, ნიადაგის ნაწილაკის გადაადგილებასთან დაკავშირებით, თანდათანობით მცირდება კუთხე ε (ნახ. 4) ზედაპირის მხრივ იწვევს სრიალის სიჩქარის ($V_{სრ.}$) შემცირებას. რეთვე ნაწილაკის გადაადგილებისათვის საჭირო დრო t (იხ. ფორმულა 12). ხოლო იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიადაგის ნაწილაკი მოძრაობს ჩაზნექილი ფორმის სამუშაო ზედაპირზე მაშინ, როგორც ნახაზიდან ჩანს (ნახ. 5), ნიადაგის ნაწილაკის გადაადგილების შედეგად სისტემატურად იზრდება ε კუთხე. ε კუთხის გადიდებასთან ერთად იზრდება სრიალის სიჩქარე ($V_{სრ.}$) (ფორმ. 16). სრიალის სიჩქარის ზრდის გამო შესაბამისად იზრდება ნაწილაკის გადაადგილებისათვის საჭირო დრო t (ფორმ. 17).

თუ დავუშვებთ, რომ მე-16 ფორმულაში $\varepsilon = a$, მაშინ $V_{სრ.}^{(3)} > V_{სრ.}^{(1,2)}$ და ε -ის ზრდასთან ერთად იზრდება $V_{სრ.}^{(3)}$.

ამრიგად, განხილული სამი შემთხვევიდან თეორიული ანალიზის საშუალებით დავადგენთ, რომ ჩაზნექილი ფორმის (ნახ. 5) გეომეტრიულ ზედაპირზე ნიადაგის ნაწილაკის გადაადგილების დროს სამუშაო ორგანოს გადაადგილებისაგან დამოკიდებულებით იზრდება სრიალის სიჩქარე და ნიადაგის ნაწილაკის გარკვეულ სიმაღლეზე აწევისათვის საჭირო დროც მეტია ამოზნექილ ან ბრტყელზედაპირიან სამუშაო ორგანოზე ნიადაგის ნაწილაკის გადაადგილებასთან შედარებით. მაშასადამე, ნიადაგის ინტენსიური გაფხვიერებისათვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ჩაზნექილი ფორმის გეომეტრიული ზედაპირის მქონე სამუშაო ორგანო, რაც ჩვენ მიერ ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტული მონაცემებითაც მტკიცდება.

ლიტერატურა — Литература

1. П. М. Василенко, П. Т. Бабий. — Культиваторы. Изд-во УкрАСХН, Киев, 1961.
2. А. Н. Зеленин. — Физические основы теории резания грунтов. М., 1950.
3. А. П. Осадчий — Дробление почв, грунтов и других твердых тел при снятии мелкозернистого рыхления почв при вспашке. Волгоград, СХИ, 1965.
4. ლ. ქერტყოვეი — ნიადაგის მინიმალური დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის კვლევის ზოგიერთი შედეგი, ავტორეფერატი, თბილისი, 1969.

УДК 621.434.056.013.6

Г. А. ХАНТАДЗЕ

К ВОПРОСУ ТЕОРИИ ХОЛОСТОГО ХОДА ДВИГАТЕЛЯ

1. Уравнения холостого хода

Как известно все процессы превращения тепла в механическую работу подчиняются законам термодинамики и для всякого процесса справедливо дифференциальное уравнение

$$dQ = dU + A p dV$$

Уравнение показывает, что тепло подведенное к процессу идет на изменение внутренней энергии рабочего тела (обычно газа) и на выполнение внешней работы.

Данное уравнение, выражающее первый закон термодинамики, как частный случай закона сохранения энергии, справедлив и для автотракторных двигателей.

Работу каждого двигателя, аналогично приведенному уравнению можно описывать выражением:

$$dN_i = dN_\tau + dN_e$$

т. е. каждое изменение индикаторной мощности выявляется в изменении внутренних сопротивлений двигателя (т. е. мощности трения) и в изменении его внешней нагрузки (т. е. эффективной мощности), следовательно:

$$N_i = N_\tau + N_e$$

Анализ данного уравнения показывает, что при установившемся режиме двигателя, индикаторная мощность, т. е. мощность развиваемая в цилиндрах двигателя, расходуется на внутренние сопротивления двигателя (мощность трения) и на выполнение внешней работы — на преодоление внешней нагрузки (эффективная мощность, т. е. мощность развиваемая на валу двигателя).

При изменении количества подаваемого в двигатель тепла (изменение расхода топлива) соответственно изменяется как мощность трения, так и эффективная мощность (внешняя нагрузка).

В разных случаях данное уравнение может принимать разные выражения.

1. Если двигатель работает, т. е. подаваемое в его цилиндрах топливо сгорает и его коленчатый вал вращается, N_i имеет определенную величину и, как было указано, она расходуется на преодоление внутренних сопротивлений двигателя и на выполнение внешней, полезной работы. Следовательно, допускать, что $N_i = 0$, при работающем двигателе — нельзя. Данное условие $N_i = 0$, когда $N_T = -N_0$ можно получить в реальном двигателе при прокрутке двигателя или на спуске с выключенным зажиганием, когда коленчатый вал вращается принудительно от внешнего привода (ходовая часть трактора или автомобиля) и на его вращение, и, следовательно, на работу двигателя расходуется внешняя работа.

2. Для реального, работающего двигателя нельзя допускать, что $N_T = 0$, т. к. реальный двигатель состоит из узлов, механизмов и деталей, которые связаны между собой, движутся относительно друг друга и поэтому между ними всегда будет иметь место трение и будет существовать сопротивление движению этих деталей.

Такое условие ($N_T = 0$) можно допустить только для термодинамического и идеального циклов, осуществленного в идеальном двигателе, где отсутствуют: трение, потери, гидравлические сопротивления и процессы сжатия и расширения совершаются адиабатически.

При таких идеальных условиях можно принять, что $N_i = N_e$ и, следовательно, механический КПД данного двигателя $\eta_{мл} = 1$.

3. Самым интересным режимом в работе двигателя является т. н. холостой ход, когда $N_e = 0$ и уравнение принимает вид $N_i = N_T$ причем следует отметить, что в случае отсутствия внешней нагрузки, т. е. отсутствия расхода эффективной мощности, увеличение N путем увеличения оборотов (уменьшение внешней нагрузки, открытие дроссельной заслонки, увеличение расхода топлива и т. д.) вызывает пропорциональное увеличение N_T и данное уравнение сохраняется до разных чисел оборотов двигателя, т. е. до оборотов, когда наступает аварийная опасность.

Эти уравнения $N_e=0$ или $N_j=N_T$ можно назвать уравнениями холостого хода и в практике работы реальных двигателей они часто встречаются.

2. Об оборотах холостого хода

Холостой ход занимает довольно значительную часть в общем времени эксплуатации автомобиля. Пуск, прогрев, регулировки, переключение скоростей, кратковременные остановки, ожидание у перекрестков и семафоров, посадка и высадка пассажиров, езда под гору с выключенным сцеплением и т. д., — в основном охватывают эксплуатационные режимы, когда двигатель работает на холостом ходу.

При режиме холостого хода, как было указано, индикаторная мощность двигателя, расходуется на внутренние сопротивления двигателя (трение, насосные потери, привод вспомогательных механизмов и т. д.) и бесполезно теряется.

Минимальные обороты холостого хода, т. е. минимальная величина N_j , когда двигатель работает устойчиво, характеризует качество изготовления самого двигателя, пригнанность деталей, величину трения в двигателе и зависят от теплонапряженности двигателя.

Эти обороты оценивают правильность регулировки топливной аппаратуры (давление, момент опережения впрыска — в дизелях), карбюратора и момента зажигания. Эти обороты оценивают также полноту сгорания и состав выхлопных газов на токсичность.

В настоящее время официально не устанавливаются «обязательные, минимально устойчивые обороты холостого хода двигателя» ни стандартом, ни заводской инструкцией и ни другими документами. В заводских инструкциях обычно указываются обороты, соответствующие максимальной (номинальной) мощности и максимальному крутящему моменту. А минимально возможные числа оборотов, при котором обеспечивается устойчивый режим холостого хода — заводом не устанавливается и не указывается.

В практике эксплуатации автомобилей, почти в каждом конкретном случае, встречаются факты неправильной регулировки оборотов холостого хода. Почти всегда эти обороты выше минимально возможных оборотов и поэтому, не имея строго определенных, обязательных инструктивных указаний по данному вопросу, водители обычно регулируют двигатель на повышенных числах оборотов холостого хода и за весь период эксплуатации двигатель, на режимах

холостого хода, имеет повышенный расход топлива. Учитывая огромное количество автомобилей автобусных и таксомоторных парков страны, легко представить, какое огромное количество топлива расходуется впустую.

На основе исследования и разработки основ теории холостого хода, необходимо рекомендовать понятие «обязательных минимально-устойчивых оборотов холостого хода», как один из показателей диагностики двигателя, по которому следует в эксплуатационных условиях регулировать двигатель, учитывая требования, с одной стороны, по токсичности выхлопных газов и, с другой — по уменьшению расхода топлива.

3. Литро-цикловый расход как оценочный параметр

Для оценки режима и минимально-устойчивых оборотов холостого хода, в условиях нормального теплового состояния для данного двигателя, предлагается применять количество топлива или смеси (определенного состава) за цикл рабочего процесса, отнесенное на один литр рабочего объема цилиндра.

Одновременно следует установить также величину литро-циклового расхода для минимально-устойчивых оборотов при перегрузке двигателя.

Для четырехтактных поршневых двигателей внутреннего сгорания, расход воздуха определяется из выражения:

$$G_n = 0,03 \cdot V_h \cdot i \cdot \gamma_n \cdot n \cdot \eta_v \quad \text{кг/час}$$

а с другой стороны

$$G_n = \alpha I_0 \cdot G_T \quad \text{кг/час}$$

Количество топлива, приходящееся на один литр рабочего объема, за один цикл, т. е. литро-цикловый расход будет:

$$q_{л.ц} = \frac{G_T \cdot 1000 \cdot 2}{60 \cdot V_h \cdot n \cdot i} = \frac{2000 \cdot G_T}{60 \cdot i \cdot V_h \cdot n} \quad \text{гр/л.ц.}$$

Соединив эти выражения, получим:

$$\alpha I_0 \cdot G_T \cdot q_{л.ц} = \frac{0,03 \cdot V_h \cdot i \cdot n \cdot \gamma_n \cdot \eta_v \cdot 2000 \cdot G_T}{60 \cdot i \cdot n \cdot V_h}$$

откуда литро-цикловый расход топлива

$$q_{л.ц} = \frac{\gamma_n}{I_0} \cdot \frac{\eta_v}{\alpha} \quad \text{гр/л.ц.}$$

а литро-цикловый расход воздуха

$$q_{з.ц} \cdot \alpha l_0 = \gamma_{из} \cdot \gamma_{iv}$$



Устанавливая для данной марки двигателя литро-цикловый расход на холостом ходу при минимально-устойчивых минимально-возможных оборотах перегрузки, легко определить коэффициент наполнения, рекомендуемая величина которого может быть использована для оценки регулировки и диагностики двигателя.

4. О методике определения N_i при холостых режимах двигателя

Установление величины индикаторной мощности на разных числах оборотов имеет определенный теоретический и практический интерес, т. к. дает возможность проследить за характером изменения индикаторных показателей двигателя на разных скоростных режимах.

Обычно N_i для двигателя находящегося под нагрузкой, определяется для определенных чисел оборотов, методом выключения цилиндров, когда N_i одного цилиндра подсчитывается как разность между N_e на всех цилиндрах и N_e без выключенного цилиндра.

Такой метод непригоден при холостом ходу, обороты которого на разных открытиях дросселя (подачи) разные.

Предложенная ниже методика определения N_i на холостом ходу заключается в следующем:

На отрегулированном двигателе выключается один цилиндр и с помощью дроссельной заслонки устанавливается определенное число оборотов холостого хода — $n_{хх}$. Измеряется расход топлива. При этом нагрузка из стенда и, следовательно, N_e равна нулю.

Потом включается цилиндр и увеличение при этом оборотов компенсируется нагрузкой на стенде и обороты доводятся опять до $n_{хх}$.

Определенная по показаниям стенда эффективная мощность будет представлять N_i для выключенного цилиндра.

Дальше последовательно выключаются второй, третий и т. д. цилиндры и процедура каждый раз повторяется.

Сумма N_i для отдельных цилиндров определяет индикаторную мощность двигателя при данных оборотах.

Устанавливая разные обороты холостого хода двигателя с помощью дроссельной заслонки (или изменением подачи), можно определить значения N_i в определенном диапазоне числа оборотов и проследить за характером изменения N_i в этом диапазоне.

В некоторых случаях (в зависимости от особенностей самого двигателя и его впускного тракта) может наблюдаться увеличение числа оборотов при выключении цилиндра.

В таких случаях нужные обороты холостого хода устанавливаются на всех цилиндрах и при выключении цилиндра, увеличение оборотов следует компенсировать нагрузкой на стенде, доведением числа оборотов до первоначальных значений. Нагрузка на стенде будет показывать величину индикаторной работы выключенного цилиндра.

5. К определению внутренних сопротивлений двигателя

Как было указано, работа на холостом ходу определяется условием равенства индикаторной работы — работе внутренних сопротивлений.

При изменении числа оборотов устойчивость работы двигателя, в этом случае, определяется относительным изменением количества энергии, затрачиваемой на преодоление внутренних сопротивлений и количества энергии, развиваемой в цилиндре двигателя, зависящего от количества подаваемого топлива.

Исходя из определения внутренних сопротивлений двигателя, можно провести следующие суждения:

Как известно

$$\alpha = \frac{G_g}{G_0}$$

однако

$$G_c = l_0 \cdot G_T = l_0 \cdot g_i N_i \quad \text{и т.к.} \quad N_i = \frac{P_i \cdot V_s \cdot n}{225 \cdot K}$$

получим:

$$G_0 = \frac{l_0 \cdot g_i \cdot P_i \cdot V_s \cdot n}{225 \cdot K}$$

действительное количество воздуха будет:

$$G_g = \frac{V_s \cdot \gamma_{iv} \cdot \gamma_n \cdot 60 \cdot 2 \cdot n}{1000 \cdot K}$$

тогда для коэффициента избытка воздуха получим:

$$\alpha = 27 \frac{\gamma_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}}}{l_0 \cdot g_i \cdot P_i}$$

Внеся значение g_i из известного выражения

$$g_i = \frac{632}{H_u \cdot \eta_i}$$

для η_i получим:

$$\eta_i = 23,4 \frac{\alpha l_0}{H_u} \cdot \frac{P_i}{\gamma_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}}}$$

Зная, что $P_e = P_i \eta_m$ получим выражение:

$$P_e = 0,0427 \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \cdot \eta_m$$

обозначая

$$A = 0,0427 \frac{H_u}{l_0} \approx 0,0427 \cdot 733 \approx 31$$

(для бензина, газоля, бензоля, окиси углерода, метилового и этилового спиртов отношение теплотворной способности к необходимому количеству воздуха приблизительно $\frac{H_u}{l_0} = 733$).

Получим

$$P_e = 31 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot \eta_m \cdot \frac{\eta_i}{\alpha}$$

Учитывая, что

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{P_i - P_{\tau}}{P_i} = 1 - \frac{P_{\tau}}{P_i}$$

получим

$$\eta_m = 1 - \frac{P_{\tau}}{31 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha}}$$

На режиме холостого хода $\eta_m = 0$ и тогда

$$P_{\tau} = P_i = 31 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha}$$

В дальнейшем следует провести эксперименты по определению индикаторных мощностей (по новой методике) и расходов топлив



лива на разных числах оборотов холостого хода (при разных открытиях дроссельной заслонки) и по определению минимально-возможных оборотов перегрузок на разных дросселях.

6. Соотношения минимально-устойчивых и минимально-возможных оборотов двигателя

Несмотря на многочисленные и разнообразные эксперименты по изучению параметров автотракторного двигателя на разных режимах и в разных условиях, до сих пор, как нам известно, никто не старался установить зависимость числа оборотов от открытия дроссельной заслонки (или перемещения рейки насоса — в дизелях).

Нетрудно догадаться, что как между углом открытия (или в %-ом отношении от полного дросселя) дроссельной заслонки и площадью раскрытого проходного сечения в дросселе, так и между перемещением рейки насоса и объемом нагнетаемого топлива отсутствует прямолинейная зависимость. Поэтому закон изменения числа оборотов в этих случаях не будет прямолинейным и зависимость будет иметь степенной, функциональный характер.

Представляет большой интерес установление таких зависимостей на холостом ходу ($N_e=0$), т. к. величина числа оборотов при этом может служить оценочным параметром внутренних сопротивлений двигателя, т. е. мерилom индикаторной мощности.

Методика проведения экспериментов предусматривает при оптимальных регулировочных условиях двигателя определить минимально-устойчивые обороты путем возможного прикрытия дроссельной заслонки, определяя при этом часовой расход топлива и воздуха. После этого постепенно, ступенчатообразно открывая дроссельную заслонку, для каждого положения заслонки измерять обороты холостого хода и нагружая двигатель, установить минимально-возможные обороты перегрузки двигателя; при этом также определяются расходы топлива и воздуха.

При каждом положении открытия дроссельной заслонки, путем выключения цилиндров определяется (по предложенной методике) индикаторная мощность холостого хода.

Сопоставление и анализ значений, измеряемых и определяемых параметров, дает возможность оценить динамические и эксплуатационные свойства и показатели двигателя при разных скоростных и нагрузочных режимах.

7. О «комплексных характеристиках» двигателя

Для наглядного представления динамических и эксплуатационных показателей двигателя в условиях разных скоростных и нагрузочных режимов, можно получить хорошую информацию с помощью т. н. «комплексных характеристик» двигателя, которые можно построить экспериментально по нагрузке, по оборотам, по расходу или по другим параметрам работы двигателя.

Названию «комплексная характеристика» мы придаем условный характер, т. к. оно пока не имеет официального права гражданства, хотя эти характеристики информируют о параметрах работы двигателя действительно комплексной формы.

Ниже дается методика экспериментального построения одной из таких характеристик, а именно «комплексной характеристики по нагрузке».

В данном случае по оси абсцисс в %/о-х от полного или в градусах откладываются ступени открытия дроссельной заслонки (перемещение рейки насоса), наименьшее значение которого соответствует минимально-устойчивым оборотам холостого хода.

На остальных точках указываются соответствующие значения числа оборотов без нагрузки, т. е. холостого хода.

Допустим, что интервалы этих ступеней дают промежуточную разность по 500 об/мин.

Ясно, что прикрыть дроссель и уменьшить обороты ниже 500 об/мин невозможно, т. к. это минимальное значение оборотов.

Однако на второй ступени, можно нагрузить двигатель и довести обороты до 500; измеряется нагрузка и расходы. На третьей ступени нагружается двигатель до 1000 и 500 об/мин; на четвертой ступени (где обороты холостого хода составляют 2000 об/мин, нагружается двигатель до 1500, 1000, 500 об/мин и производятся измерения).

Продолжая нагружать двигатель до максимально-возможных чисел оборотов, на характеристике получаем по ординатам промежуточные значения измеряемых и определяемых параметров, часть которых по группам будут лежать на общих кривых.

Ясно, что по ординатам получим изменения параметров для определенной ступени открытия заслонки, а наклонные линии дадут изменения параметров при одинаковых числах оборотов.

Подробный анализ характеристики даст комплексное представление об основных параметрах двигателя на разных режимах.



УДК 536.2.01

Г. С. ЧИЧУА

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ В ПРОЦЕССЕ ВЕСЕННЕЙ ОБРАБОТКИ ЕЕ НА ТЕПЛОВЫЙ РЕЖИМ ПАХОТНОГО СЛОЯ

При обработке верхнего слоя почвы очень резко изменяются (уменьшаются) его теплофизические характеристики (теплоемкость и теплопроводность) по сравнению с нижними необработанными слоями.

При этих условиях весьма резко изменяется температурный режим верхнего слоя почвы в связи с различием в тепловых характеристиках почв (1).

Здесь мы попытаемся количественно оценить возможные изменения температуры почвы, вызванные обработкой его верхнего слоя. Эта задача может быть сведена к решению уравнения теплопроводности почвы при заданной температуре ее поверхности и в предположении изменения теплофизических характеристик $C(z, \rho(z))$ и $\lambda(z)$ с глубиной (2).

Сравнение этого решения с аналогичным, полученным в предположении постоянства теплофизических характеристик с глубиной (при постоянной температуре поверхности) и даст искомые изменения в температуре почвы.

Итак, задача сводится к решению уравнения теплопроводности:

$$C(z)\rho(z) \frac{\partial T(z,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \lambda(z) \frac{\partial T(z,t)}{\partial z}, \quad (1)$$

где $T(z, t)$ — температура на глубине z ($z=0$ — поверхность) и в момент t , $C(z)\rho(z)$ — объемная теплоемкость почвы как функция глубины z , $\lambda(z)$ — теплопроводность почвы как функция глубины.

$C(z)$ и $\lambda'(z)$ предполагаются изменяющимися с глубиной по экспоненциальным законам и где h есть глубина обработки почвы.

Граничные условия задачи следующие:

а) Задана температура поверхности почвы в виде ряда Фурье, что соответствует естественному периодическому изменению температуры:

$$T(z, t) |_{z=0} = \varphi_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n \cos \omega_n t + \bar{\varphi}_n \sin \omega_n t. \quad (2)$$

Здесь φ_0 — среднесуточная температура почвы, $\omega = \frac{2\pi}{T^*}$, где

T^* — период (сутки).

б) Температура почвы ограничена на больших глубинах:

$$T(z, t) \neq \infty \text{ при } z \rightarrow \infty \quad (3)$$

в) Температура и тепловой поток меняются непрерывно при переходе через уровень h (условие «склейки»):

$$\left. \begin{aligned} T(z, t) |_{h-0} &= T(z, t) |_{h+0} \\ -\lambda(z) \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{h-0} &= -\lambda(z) \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{h+0} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Решение будем искать в виде ряда Фурье:

$$T(z, t) = T_0'(z) + \sum_{n=1}^{\infty} T_n'(z) \cos \omega_n t + T_n''(z) \sin \omega_n t, \quad (5)$$

где $T_0'(z)$ — среднесуточная температура на глубине z .

Подставляя (5) в (1) и используя граничные условия (2)–(4), получим:

$$\frac{d}{dz} \lambda(z) \frac{dT_0'(z)}{dz} = 0, \quad (6)$$

$$T_0'(z) |_{z=0} = \varphi_0, \quad (7)$$

$$T_0'(z) \neq \infty \text{ при } z = \infty, \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} T_0'(z) |_{h-0} &= T_0'(z) |_{h+0} \\ \lambda(z) \frac{dT_0'}{dz} \Big|_{h-0} &= \lambda(z) \frac{dT_0'}{dz} \Big|_{h+0} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$



Институт почвоведения
и агрохимии
Академии наук СССР

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dz} \lambda(z) \frac{dT_n(z)}{dz} &= \omega_n C(z) \rho(z) \overline{T}_n(z) \\ \frac{d}{dz} \lambda'(z) \frac{d\overline{T}_n(z)}{dz} &= -\omega_n C(z) \rho'(z) T_n'(z) \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} T_n'(z) \Big|_{z=0} &= \varphi_n \\ \overline{T}_n(z) \Big|_{z=0} &= \overline{\varphi}_n \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$T_n(z) \text{ и } T_n'(z) \neq \infty \text{ при } z \rightarrow \infty, \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} T_n(z) \Big|_{h=0} &= T_n'(z) \Big|_{h=0}; \quad \lambda(z) \frac{dT_n(z)}{dz} \Big|_{h=0} = \lambda'(z) \frac{dT_n'(z)}{dz} \Big|_{h=0} \\ T_n(z) \Big|_{h=0} &= \overline{T}_n'(z) \Big|_{h=0}; \quad \lambda'(z) \frac{d\overline{T}_n(z)}{dz} \Big|_{h=0} = \lambda(z) \frac{d\overline{T}_n'(z)}{dz} \Big|_{h=0} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

(здесь значок $n \geq 1$).

Исходя из (6) — (9) нетрудно получить:

$$T_0(z) = \varphi_0. \quad (14)$$

То есть среднесуточная температура почвы не меняется и с глубиной.

Введем обозначения:

$$\Theta_n(z) = T_n(z) + i \overline{T}_n'(z), \quad (15)$$

$$r_n = \varphi_n + i \overline{\varphi}_n, \quad (16)$$

где i — мнимая единица.

Теперь уравнения (10) и граничные условия (11) — (13) переписутся в виде:

$$\frac{d}{dz} \lambda'(z) \frac{d\Theta_n(z)}{dz} = -\omega_n C(z) \rho(z) \Theta_n(z), \quad (17)$$

$$\Theta_n(z) \Big|_{z=0} = r_n, \quad (18)$$

$$\left. \begin{aligned} \Theta_n(z) \Big|_{h=0} &= \Theta_n(z) \Big|_{h=0} \\ \lambda(z) \frac{d\Theta_n(z)}{dz} \Big|_{h=0} &= \lambda(z) \frac{d\Theta_n(z)}{dz} \Big|_{h=0} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

$$\Theta_n(z) \neq \infty \text{ при } z \rightarrow \infty. \quad (20)$$

Предполагая, что $C(z)\rho(z)$ и $\lambda(z)$ заданы экспоненциальными законами (до глубины h) получим следующие выражения для функции $\Theta_n(z)$:

$$\Theta_n(z) = \left\{ \begin{array}{l} r_n l^{-\frac{\beta}{2h} z} \left[\frac{\sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} Ch(h-z) \sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} + \right. \\ \left. \frac{\sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} Chh \sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} + \right. \\ \left. + \left(\sqrt{\frac{\omega_{ni}}{a^2}} - \frac{\beta}{2h} \right) Sh(h-z) \sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} \right] \\ \left. + \left(\sqrt{\frac{\omega_{ni}}{a^2}} - \frac{\beta}{2h} \right) Shh \sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} \right] \text{ для } 0 \leq z \leq h \\ \\ r_n l^{-\frac{\beta}{2} z} \frac{\sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} \cdot l^{-\frac{(z-h)}{a}} \sqrt{-\omega_{ni}}}{\left[\sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} Chh \sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} + \left(\sqrt{\frac{\omega_{ni}}{a^2}} - \frac{\beta}{2h} \right) Shh \sqrt{\frac{\beta^2}{4h^2} - \frac{\omega_{ni}}{a^2}} \right]} \text{ для } h \leq z < \infty \end{array} \right. \quad (21)$$

Таким образом, исходя из (5), (15) и (21), можно искомым температурой почвы $T(z,t)$ при переменных $C(z)\rho(z)$ и $\lambda(z)$ с глубиной написать в виде:

$$T(z,t) = \varphi_0 + \sum_{n=1}^{\infty} T_n(z) \cos \omega_n t + \bar{T}_n(z) \sin \omega_n t, \quad (22)$$

$$\text{где } \left. \begin{array}{l} T_n(z) = R_e \Theta_n(z) \\ \bar{T}_n(z) = I_m \Theta_n(z) \end{array} \right\}, \quad (23)$$

и где R_e и I_m соответственно вещественная и мнимая части функции $\Theta_n(z)$, вычисляемой по формулам (21).

В целях упрощения расчетов мы несколько преобразуем формулы (21). Ограничиваясь первыми степенями параметра β , получим:

$$\left. \begin{array}{l} l^{-\frac{\beta}{2h} z} \left[\Theta_n^{(0)}(z) + \frac{\beta a}{4h \sqrt{\omega}} \Theta_n^{(1)}(z) \right] \text{ для } 0 \leq z \leq h \\ l^{-\frac{\beta}{2} z} \left[\Theta_n^{(0)}(z) + \frac{\beta a}{4h \sqrt{\omega}} \Theta_n^{(2)}(z) \right] \text{ для } h \leq z < \infty \end{array} \right\}, \quad (24)$$

где обозначено:

$$\Theta_n^{(0)}(z) = r_n l^{-\frac{z}{a}} \sqrt{-\omega_{ni}},$$

$$\Theta_n^{(1)}(z) = \frac{r_n}{\sqrt{-in}} \left[l^{-\frac{(2h-z)}{a}} \sqrt{-\omega_{ni}} - l^{-\frac{(2h+z)}{a}} \sqrt{-\omega_{ni}} \right], \quad (26)$$

$$\Theta_n^{(2)}(z) = \frac{r_n}{\sqrt{-in}} l^{-\frac{z}{a}} \sqrt{-\omega_{ni}}, \quad (27)$$

и где по аналогии с формулой (15) обозначено:

$$\left. \begin{aligned} \Theta_n^{(0)}(z) &= T_n^{(0)}(z) + i\bar{T}_n^{(0)}(z) \\ \Theta_n^{(1)}(z) &= T_n^{(1)}(z) + i\bar{T}_n^{(1)}(z) \\ \Theta_n^{(2)}(z) &= T_n^{(2)}(z) + i\bar{T}_n^{(2)}(z) \end{aligned} \right\} \quad (28)$$


Подставляя (15) и (28) в (24), получим:

$$T_n(z) \approx \begin{cases} l^{-\frac{\beta}{2h}}(z) \left[T_n^{(0)}(z) + \frac{\beta a}{4h\sqrt{\omega}} T_n^{(1)}(z) \right] & \text{для } 0 \leq z \leq h \\ l^{-\frac{\beta}{2}} \left[T_n^{(0)}(z) + \frac{\beta a}{4h\sqrt{\omega}} T_n^{(2)}(z) \right] & \text{для } h \leq z < \infty \end{cases}, \quad (29)$$

$$\bar{T}_n(z) \approx \begin{cases} l^{-\frac{\beta}{2h}}(z) \left[\bar{T}_n^{(0)}(z) + \frac{\beta a}{4h\sqrt{\omega}} \bar{T}_n^{(1)}(z) \right] & \text{для } 0 \leq z < h \\ l^{-\frac{\beta}{2}} \left[\bar{T}_n^{(0)}(z) + \frac{\beta a}{4h\sqrt{\omega}} \bar{T}_n^{(2)}(z) \right] & \text{для } h \leq z < \infty \end{cases}, \quad (30)$$

где, исходя из (16), (25)–(27) и (28), можно получить:

$$\left. \begin{aligned} T_n^{(0)}(z) &= l^{-\frac{z}{a}} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \left[\Phi_n \cos \frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} - \bar{\Phi}_n \sin \frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \right] \\ \bar{T}_n^{(0)}(z) &= l^{-\frac{z}{a}} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \left[\Phi_n \sin \frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} + \bar{\Phi}_n \cos \frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \right] \\ T_n^{(1)}(z) &= \frac{1}{\sqrt{n}} l^{-\frac{(2h-z)}{a}} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \left[\Phi_n \cos \left(\frac{2h-z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} + \frac{\pi}{4} \right) - \right. \end{aligned} \right\} \quad (31)$$



$$\begin{aligned}
 & - \bar{\varphi}_n \sin\left(\frac{2h-z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) - \\
 & - \frac{1}{\sqrt{n}} l^{-\frac{(2h+z)}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}}} \left[\varphi_n \cos\left(\frac{2h+z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) - \right. \\
 & \left. - \bar{\varphi}_n \sin\left(\frac{2h+z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) \right].
 \end{aligned} \tag{32}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{T}_n^{(1)}(z) = & \frac{1}{\sqrt{n}} l^{-\frac{(2h-z)}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}}} \left[\varphi_n \sin\left(\frac{2h-z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) + \right. \\
 & \left. + \bar{\varphi}_n \cos\left(\frac{2h-z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) \right] - \\
 & - \frac{1}{\sqrt{n}} l^{-\frac{(2h+z)}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}}} \left[\varphi_n \sin\left(\frac{2h+z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) + \right. \\
 & \left. + \bar{\varphi}_n \cos\left(\frac{2h+z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) \right],
 \end{aligned} \tag{33}$$

$$\begin{aligned}
 T_n^{(2)}(z) = & \frac{1}{\sqrt{n}} l^{-\frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}}} \left[\varphi_n \cos\left(\frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) - \right. \\
 & \left. - \bar{\varphi}_n \sin\left(\frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) \right] - \\
 T_n^{(2)}(z) = & \frac{1}{\sqrt{n}} l^{-\frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}}} \left[\varphi_n \sin\left(\frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) + \right. \\
 & \left. + \bar{\varphi}_n \cos\left(\frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2} + \frac{\pi}{4}}\right) \right]
 \end{aligned} \tag{34}$$

Последние формулы (31)—(34) в совокупности с формулами (29), (30) и (22) уже могут служить для практических расчетов температуры почвы $T(z, t)$ при известной температуре поверхности почвы (при известных φ_n и $\bar{\varphi}_n$) и при изменяющихся с глубиной по экспоненциальному закону (до глубины h) теплофизических характеристик $C(z)\rho(z)$ и $\lambda(z)$.

Заметим, что случай $\beta=0$ соответствует тому, что $C(z)\rho(z) = C_1\rho_1$ и

$\lambda(z) = \lambda_1$ на всех глубинах, то есть теплофизические характеристики не меняются с глубиной и равны их значениям ниже глубины h (в вспаханной почве). В этом случае, исходя из (29), (30), (31) и (22), можно получить:

$$T^{(0)}(z, t) = \varphi_0 + \sum_{n=1}^{\infty} T_n^{(0)}(z) \cos \omega_n t + \bar{T}_n^{(0)}(z) \sin \omega_n t, \quad (35)$$

или

$$T^{(0)}(z, t) = \varphi_0 + \sum_{n=1}^{\infty} l^{-z/a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \left[\varphi_n \cos \left(\omega t - \frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \right) + \varphi_n \sin \left(\omega t - \frac{z}{a} \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \right) \right] \quad (36)$$

Это есть известное решение, описывающее распределение температуры почвы при постоянных, с глубиной теплофизических характеристик $C(z) \rho'(z)$ и $\lambda(z)$ и при заданой температуре поверхности рядом Фурье (2).

Некое влияние на температуру верхних слоев почвы изменчивости теплофизических характеристик с глубиной («эффект вспашки»), а также влияние самой глубины вспашки (глубины h) на температурный режим может быть, очевидно, характеризовано величиной:

$$\Delta(z, t) = T(z, t) - T^{(0)}(z, t), \quad (37)$$

где $T(z, t)$ — температура почвы вычисленная по приведенным выше формулам в предположении изменчивости теплофизических характеристик $C(z) \rho'(z)$ и $\lambda(z)$ с глубиной.

Для количественной характеристики $\Delta(z, t)$ нами вычислены суточные изменения этих величин на глубинах в почве z равным соответственно 3, 5, 10 и 15 см при разных величинах h (глубины вспашки) равным соответственно 10, 20 и 30 см.

Расчеты температуры почвы по полученным выше формулам не представляют особого труда, ибо эти формулы содержат только элементарные функции.

Нами рассчитаны суточные ходы с интервалом в 4 часа температуры $T(z, t) - \varphi_0$ (точнее, отклонение от среднесуточной температуры φ_0), $T^{(0)}(z, t)$ и их разность $\Delta(z, t)$ на разных глубинах z и для различных глубин вспашек h , указанных выше. Результаты расчетов приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Температуры $T(z,t) - \varphi_0$, $T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$ и их разность $\Delta(z,t)$ при глубине вспашки $h=10$ см

Время		0	4	8	12	16	20	24
$z=3$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-2,86	-6,10	-4,77	7,04	7,63	0,91	-2,86
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-3,53	-7,53	-5,89	8,69	9,41	-1,12	-3,53
	$\Delta(z,t)$	0,67	1,43	1,12	-1,65	-1,78	0,21	0,67
$z=5$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-1,54	-3,74	-4,46	3,02	6,00	0,72	-1,54
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-2,46	-5,33	-6,02	4,74	8,45	0,34	-2,46
	$\Delta(z,t)$	0,92	1,59	1,56	-1,72	-2,45	0,38	0,92
$z=10$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-0,02	-1,03	-2,03	-0,24	2,23	1,27	-0,02
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-0,04	-2,06	-4,06	-0,48	4,46	2,54	-0,04
	$\Delta(z,t) - \varphi_0$	0,02	1,03	2,03	0,24	-2,23	-1,27	0,02
$z=15$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	0,54	-0,19	-1,19	-1,16	0,65	1,35	0,54
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	0,69	-0,54	-2,13	-1,78	1,44	2,32	0,69
	$\Delta(z,t)$	-0,15	0,35	0,94	0,62	0,79	-0,97	-0,15

Таблица 2

Температуры $T(z,t) - \varphi_0$, $T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$ и их разность $\Delta(z,t)$ при глубине вспашки $h=20$ см

Время		0	4	8	12	16	20	24
$z=3$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-3,18	-6,78	-5,31	7,83	8,49	-1,01	-3,18
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-3,53	-7,53	-5,89	8,69	9,41	-1,12	-3,53
	$\Delta(z,t)$	0,35	0,75	0,54	-0,86	-0,92	0,11	0,53
$z=5$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-2,07	-4,48	-5,05	3,28	7,11	0,29	-2,07
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-2,46	-5,33	-6,00	4,74	8,45	0,34	-2,46
	$\Delta(z,t)$	0,39	0,85	0,95	-0,76	-1,34	-0,05	0,39
$z=10$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-0,03	-1,45	-2,87	-0,34	3,15	1,79	-0,03
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-0,04	-2,06	-4,06	-0,48	4,46	2,54	-0,04
	$\Delta(z,t)$	0,01	0,61	1,19	0,12	-1,31	-0,75	0,01
$z=15$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	0,41	-0,32	-1,26	-1,06	0,86	1,38	0,41
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	0,69	-0,54	-2,13	-1,78	1,44	2,32	0,69
	$\Delta(z,t)$	-0,28	0,22	0,87	0,72	0,58	-0,94	-0,28

Температуры $T(z,t) - \varphi_0$, $T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$ и их разность $\Delta(z,t)$ при глубине вспашки $h=30$ см

Время		Температура						
		0	4	8	12	16	20	24
$z=3$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-3,30	-7,03	-5,50	8,10	8,80	-1,05	-3,30
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-3,53	-7,53	-5,87	8,69	9,41	-1,12	-3,53
	$\Delta(z,t)$	0,23	0,50	0,39	-0,59	-0,61	0,07	0,23
$z=5$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-2,19	-4,75	-5,35	4,22	7,53	0,30	-2,19
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-2,46	-5,33	-6,00	4,74	8,45	0,34	-2,46
	$\Delta(z,t)$	0,27	0,58	0,62	-0,52	-0,92	-0,04	0,27
$z=10$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	-0,03	-1,63	-3,21	-0,38	3,53	2,01	-0,03
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	-0,04	-2,06	-4,06	-0,46	4,46	2,54	-0,04
	$\Delta(z,t)$	0,01	0,43	0,85	0,10	-0,93	-0,53	-0,01
$z=15$ см	$T(z,t) - \varphi_0$	0,49	-0,38	-1,50	-1,26	1,02	1,64	0,49
	$T^{(0)}(z,t) - \varphi_0$	0,69	-0,54	-2,13	-1,78	1,44	2,32	0,69
	$\Delta(z,t)$	-0,20	0,16	0,53	0,52	-0,42	-0,68	-0,20

Как видно из материалов таблиц 1, 2 и 3, обработка верхнего слоя почвы в некоторых случаях заметно изменяет температурный режим этого слоя. Это изменение может быть охарактеризовано величиной $\Delta(z,t)$, представляющей разность между температурами обработанной (вспаханной) и неспаханной почвой в предположении, что температура поверхности при этом не изменяется. Эта разность имеет явно выраженный суточный ход, повторяющий примерно суточный ход температуры почвы на данной глубине.

Как видно из данных таблиц, вспахивание верхнего слоя почвы несколько охлаждает почву в дневные часы и нагревает ее в ночные, что объясняется заметным уменьшением теплофизических характеристик в верхнем вспаханном слое.

Эти разности зависят от глубины вспашки и максимальные значения $|\Delta(z,t)|$ уменьшаются с увеличением глубины вспашки h . Так, в наших примерах, при $h=10$ см, максимальное значение $\Delta(z,t)$ достигает порядка 3°C , а для $h=20$ см и $h=30$ см — соответственно 1° , 5 и 1° , 0 . Эти величины получены для суточной амплитуды температуры поверхности почвы 30°C . С изменением этой амплитуды, величина $\Delta(z,t)$ изменяется, примерно пропорционально.

Очевидно также, что с увеличением или уменьшением степени роста теплофизических характеристик, с глубиной, соответственно, несколько увеличивается или уменьшается разность $\Delta(z,t)$.

Интересно отметить, что суточные температурные амплитуды уменьшаются в результате «эффекта вспашки». Это сглаживание температурных амплитуд по сравнению с необработанной почвой достигает на интересующих нас глубинах несколько раз.

Более подробные данные, касающиеся уменьшения амплитуд ΔA вследствие «эффекта вспашки», приведены в таблице 4.

Таблица 4

Глубина вспашки		10 см	20 см	30 см
z=3 см	$\Delta(z,t)$ макс.	1,67	0,88	0,60
	$-\Delta(z,t)$ макс.	-2,24	-1,18	-0,78
	ΔA	3,91	2,06	1,38
z=5 см	$\Delta(z,t)$ макс.	1,95	1,11	0,77
	$-\Delta(z,t)$ макс.	-2,77	-1,39	-0,95
	ΔA	4,72	2,50	1,72
z=10 см	$\Delta(z,t)$ макс.	2,03	1,19	0,85
	$-\Delta(z,t)$ макс.	-2,23	-1,31	-0,93
	ΔA	4,26	2,50	1,78
z=15 см	$\Delta(z,t)$ макс.	0,99	1,00	0,72
	$-\Delta(z,t)$ макс.	-1,11	-0,98	-0,70
	ΔA	2,10	1,98	1,42

Из таблицы 4 можно заметить, что глубина в почве, где наблюдаются максимальные значения, $\Delta(z,t)$ увеличивается с увеличением глубины вспашки. В наших примерах эти глубины находятся в пределах 5—10 см.

Литература

1. Чичуа Г. С. Тепловая характеристика подзолистой почвы Грузинской ССР и обобщающая формула для определения теплофизических характеристик почвы. Труды Грузинского с/х ин-та, т. 59, 1963.
2. Чичуа Г. С. Расчет температурного поля в почве с учетом переменного характера ее теплофизических характеристик. Труды Грузинского с/х ин-та, т. 60, 1963.



УДК 631.3(23)

Г. А. ШАЛАМБЕРИДЗЕ, В. Ш. ЧИПАШВИЛИ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОЦЕССА СООРУЖЕНИЯ ТЕРРАС

XXV съезд КПСС поставил большие задачи перед работниками сельского хозяйства нашей страны по резкому увеличению продуктивности каждого гектара земли путем рационального его использования.

Практика мирового горного земледелия показывает, что террасирование является не только одним из основных мероприятий по рациональному использованию земель, расположенных на склонах повышенной крутизны, но и самым эффективным способом борьбы с эрозией почвы.

Несмотря на то, что террасы сооружают с давних времен, на сегодняшний день пока нет серийной машины, предназначенной специально для сооружения террас механизированным путем. Террасирование склонов, в основном, производится машинами циклического действия с отвальным рабочим органом (бульдозеры, грейдеры, плантажные плуги), которые формируют полотно террасы за несколько проходов агрегата. Такие машины недостаточно производительны и не удовлетворяют полностью агротехническим требованиям. Применяемые террасеры с активными рабочими органами, в основном, имеют экспериментальный характер и пока не получили широкого распространения, хотя по сравнению с террасерами типа бульдозер они имеют ряд преимуществ [1].

Исходя из вышесказанного, совершенствование технологии и средств механизации сооружения ступенчатых террас является весьма актуальной задачей, решение которой можно осуществить двумя путями: сооружение террас машинами и орудиями с активными или с пассивными рабочими органами. В обоих случаях тех-

нологический процесс террасирования должен выполняться непрерывно, удовлетворять агротехнические требования и обеспечивать сооружение террас заданных параметров одним проходом агрегата.

Освоение горных склонов путем террасирования осуществляется машинами различных типов и конструкций, которые разделять на две группы:

- террасеры с пассивными рабочими органами;
- террасеры с активными рабочими органами.

Как известно во время формирования полотна террасы террасерами как с активными, так и с пассивными рабочими органами происходит резание, разрушение и перемещение срезанного грунта из выемочной к насыпной части полотна. Однако, в первом случае активными рабочими органами террасера происходит резание (измельчение) пласта на мелкие куски, а во втором случае плужными корпусами агрегата срезывается пласт сравнительно больших размеров, которые во время их движения по отвальным рабочим поверхностям и затем под воздействием природно-климатических условий постепенно разрушаются, вследствие чего степень измельчения грунта и вновь образовавшиеся поверхности тела в первом случае больше, чем во втором [1].

Если учесть, что по П. Риттенгеру [2] при достаточно большой степени измельчения, работы дробления прямо пропорциональны степени измельчения, то энергозатраты на выполнение технологического процесса террасирования с активными рабочими органами будут больше, чем у террасеров с пассивными рабочими органами.

Исходя из вышеизложенного, при выборе способа террасирования, мы остановились на нашем способе террасирования склонов террасерами с пассивными рабочими органами.

Однако, технология сооружения террас должна отвечать таким основным требованиям, как непрерывное формирование полотна террасы и точно заданных параметров за один проход агрегата.

Опираясь на вышеизложенное суждение, нами разработана новая технологическая схема рабочего процесса формирования полотна террасы с применением лемешно-отвальных рабочих поверхностей (рис. 1).

В разработанной технологической схеме террасирования склонов, срез почвогрунта с выемочной части АЕН осуществляется плужными корпусами. При этом первый корпус срезывает пласт сечением треугольной формы АВГ, а все остальные корпуса — сечением трапециодальной формы. Так как последним четвертым корпусом

срезается пласт самых больших размеров, то с целью снижения тягового сопротивления и улучшения условий крошения и оборачивания пласта, предусмотрено его разрезание на три части с применением двух вертикальных ножей элементарного профиля. Для перемещения срезанного грунта в насыпную часть террасы предусматривается наличие двух крыльев грейдера.

Таким образом, по предлагаемой технологической схеме рабочего процесса непрерывного формирования полотна террасы, пласт срезанный плужными корпусами перемещается в сторону склона с помощью двух крыльев грейдера, откосником формируется выемочный откос и за один проход агрегата (трактор-плуг-террасер) получается готовое полотно террасы заданных размеров.

Все разнообразные силы сопротивления (сопротивление плужных корпусов, крыльев грейдера, вертикальных ножей и откосника) движению плуга-террасера, действующие в разных его точках, подчиняются выполняемому технологическому процессу непрерывного террасирования склонов. Величина и направление этих сил определяется необходимым характером их воздействия на почву для срезания пластов, их крошения, оборачивания, а также перемещения в сторону склона. Схема сил, действующих на плуг-террасер в горизонтальной плоскости, дана на рис. 1.

Разложив все силы сопротивления, действующие в разных местах террасера по координатным осям, начало которых находится в центре тяжести плуга-террасера, получим систему параллельных сил в плоскости XOY . Сложение и перенос этих сил в центр тяжести дает: [3]

— равнодействующую составляющих сил сопротивления движению плуга-террасера ΣR_x , действующих противоположно на-

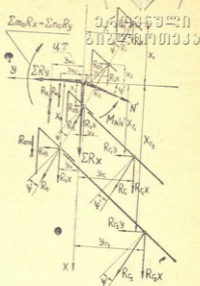


Рис. 1. Принципиальная схема формирования полотна террасы лемешно-отвальными рабочими поверхностями и схема сил, действующих на плуг террасер

равлению движения, приложенную в центр тяжести и момент сил $\Sigma m_0 R_x$ от переноса \bar{R}_x в центр тяжести.

$$\Sigma R_x = R_{1x} + R_{2x} + R_{3x} + R_{4x} + R_{\Gamma_1 x} + R_{\Gamma_2 x} + 2R_{H_1} + R_{отк} \quad (1)$$

$$\Sigma m_0 R_x = R_{1x} \cdot Y_1 + R_{2x} \cdot Y_2 + R_{3x} \cdot Y_3 - R_{4x} \cdot Y_4 + R_{\Gamma_1 x} \cdot Y_{\Gamma_1} + R_{\Gamma_2 x} \cdot Y_{\Gamma_2} - 2R_{H_1} \cdot Y_{H_1} - R_{отк} \cdot Y_{отк} \quad (2)$$

— равнодействующую составляющих сил сопротивления в перпендикулярном направлении движению плуга-террасера, т. е. равнодействующую сил боковых давлений на стенку борозды ΣR_y , приложенную в центре тяжести и момент сил $\Sigma n_0 R_y$ от переноса R_y в центр тяжести.

$$\Sigma R_y = R_{1y} + R_{2y} + R_{3y} + R_{4y} + R_{\Gamma_1 y} + R_{\Gamma_2 y}$$

$$\Sigma n_0 R_y = -R_{1y} \cdot X_1 - R_{2y} \cdot X_2 + R_{3y} \cdot X_3 + R_{4y} \cdot X_4 + R_{\Gamma_1} \cdot X_{\Gamma_1} + R_{\Gamma_2} \cdot X_{\Gamma_2} \quad (4)$$

Как видно, силы сопротивления, приходящие на вертикальные ножи и откосник с одной стороны увеличивают приведенную в центр тяжести равнодействующую силу сил сопротивления движению плуга-террасера, а с другой стороны способствует уменьшению момента $\Sigma m_0 R_x$, что в свою очередь улучшает динамические показатели.

Действие суммарного момента MRR от переноса в центр тяжести сил R_x и R_y вызывает поворот плуга-террасера и это продолжается до тех пор пока со стороны боковых опор не возникнут силы реакции, равнодействующая которых при переносе в центр тяжести дает пару сил. Момент этих сил равенся

$$MN'N' = MRR = \Sigma m_0 R_x + \Sigma n_0 R_y$$

Величина приведенной равнодействующей сил реакции боковых опор зависит от бокового давления, условий работы и направления силы тяги, так как сила тяги является силой уравновешивающей и обуславливающей равномерное прямолинейное перемещение плуга-террасера.

Все это подчеркивает необходимость и большую значимость изучения вопроса о рациональном направлении силы тяги плуга-террасера, ибо направление и расположение силы тяги в горизонтальной и в продольно-вертикальной плоскостях будет оказывать существенное влияние как на качество процесса непрерывного формиро-

вания полотна террасы, так и на величину тягового сопротивления плуга-террасера.

Из многоугольника сил, действующих на плуг-террасер в горизонтальной плоскости (рис. 2) видно, что сила тяги P должна составлять с направлением движения угол $+\psi$ — пред, т. е. она должна быть отклонена в сторону склона на угол

$$\psi_{\text{пред}} = \arctg \frac{\Sigma R_y}{\Sigma R_x} \quad (5)$$

Схема сил, приведенных в центр тяжести плуга-террасера в продольно-вертикальной плоскости (плоскость ZOY см. рис. 1) дана на рис. 2-б, где ΣR_z — приведенная в центр тяжести равнодействующая составляющих сил сопротивления по направлению оси Z .

$$\Sigma R_z = R_1z + R_2z + R_3z + R_4z + R_{\Gamma_1}z + R_{\Gamma_2}z + 2RHz + R_0z \quad (6)$$

С переносом и этой силы в центр тяжести определится действие суммарного момента

$$MRR = \Sigma m_0 R_x + \Sigma k_0 R_z$$

Момент MRR уравнивается моментом MNN , положение которого обуславливается переносом сил реакции опорных поверхностей плуга-террасера N в центр тяжести.

Как видно из многоугольника сил, действующих на плуг-террасер в продольно-вертикальной плоскости в зависимости от величины сил реакции опор N , изменяется величина и направление силы тяги. Отсюда очевидно, что для сохранения постоянной глубины хода плуга-террасера необходимая сила реакции опор N , которая в свою очередь зависит от почвенных условий, определяет величину и направление силы тяги в продольно-вертикальной плоскости [4].

Из многоугольника сил, приведенных в центр тяжести плуга-террасера в горизонтальной плоскости (рис. 2-а) силу тяги можно выразить по формуле

$$P = \frac{(\Sigma R_x + \Sigma R_y \cdot f) \cos \varphi'}{\cos(\varphi' \pm \psi)} \quad (7)$$

где $f = \operatorname{tg} \varphi'$ — коэффициент трения боковых опор от стенки борозды.

Для определения расчетным путем значения силы тяги плуга-террасера, вышеприведенная формула была рассмотрена в развер-

путем виде со всеми входящими параметрами и в результате проведенных простых математических преобразований получили:

308-0000000000

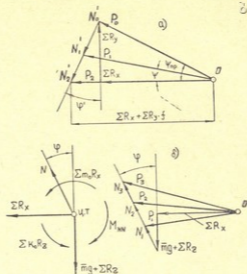


Рис. 2. Схема сил, действующих на плуг-террасер:
а) в горизонтальной и б) в продольно-вертикальной плоскостях.

$$P = \frac{\left\{ Gf + \frac{1}{2} kx B^2 \operatorname{tg} \alpha + \frac{1}{2} \varepsilon B^2 \operatorname{tg} \alpha V^2 + \frac{1}{2} k_r B^2 \operatorname{tg} \alpha \Delta V \left[\sin(\gamma_0 + \varphi') + \cos(\gamma_0 + \varphi') \right] + 2 \left[Ch^{1,25} (1 + 0,1 S) \left(1 - \frac{90 - \delta}{180} \right) \beta_0 \right] \right\} \cos \varphi'}{\cos(\varphi' \pm \psi)} \quad (8)$$

Формула силы тяги плуга-террасера (8) устанавливает связи между массой G шириной захвата B , крутизной склона α , свойством почвы и скорости движения плуга-террасера V , с величиной и направлением силы тяги.

Влияние почвенных условий на величину и направление силы тяги обуславливается наличием разных коэффициентов в формулах, которые для разных почвенных условий меняются. Однако, для одних и тех же конкретных условий они имеют определенное значение.

Зная почвенную характеристику опытных участков, где были проведены экспериментальные исследования плуга-террасера и опи-

раясь на данные исследований ряда ученых [5], для нашего конкретного случая были подобраны коэффициенты характеризующие соответствующие почвенные условия.

На рис. 3 дан график изменения общего тягового сопротивления плуга-террасера, в зависимости от крутизны склона, где кривая А — построенная по данным энергетических исследований, а кривая Б — построенная по теоретическим данным рассчитанных по формуле (8).

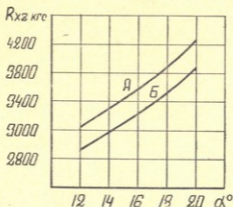


Рис. 3. График сопоставлений данных теоретических и экспериментальных энергетических исследований общего тягового сопротивления плуга-террасера.

Сопоставив данные теоретических и экспериментальных исследований общего тягового сопротивления плуга-террасера непрерывного действия с пассивными рабочими органами, можно сделать заключение, что разница между их значениями находится в допустимых пределах и она равняется приблизительно 10%, что подтверждает правильность наших расчетов.

Л и т е р а т у р а

1. В. Ш. Чипашвили. Разработка принципиальной схемы плуга-террасера непрерывного действия с пассивными рабочими органами. Труды ГрузНИИМЭСХ, т. XXI, Тбилиси, 1976.
2. Г. И. Бремер. Учебное пособие по теории и расчету дробильных машин. ВСХИЗО, М., 1970.
3. В. П. Горячкин. Собрание сочинений, т. III, М., 1937.
4. З. А. Хантадзе. Сила тяги плугов и ее наимыгоднейшее направление. Груз. СХИ, Тбилиси, 1960.
5. А. Н. Зеленин. Основы разрушения грунтов механическими способами. Изд-во «Машиностроение», М., 1968.



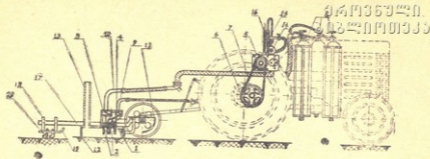
ლ. კოკალიანი

**თერმული კულტივატორი ვენახაში საჩვენების წინააღმდეგ
საბრძოლველად**

ვენახის მწკრივებში სარეველა მცენარეების წინააღმდეგ ბრძოლა, რომელიც დაკავშირებულია შრომის დიდ დანახარჯებთან, წარმოადგენს აგროტექნიკის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკითხს. მარტო ვენახის მწკრივებში კულტივაციის სამუშაო სეზონის განმავლობაში ჰექტარზე მოითხოვს 30 კაცდღეს. X ხუთწლედის ბოლოს ვენახების ფართობების რიცხვი საქართველოს რესპუბლიკაში უნდა გადიდდეს 160000 ჰა-მდე. ამ ფართობზე მარტო საკულტივაციო სამუშაოზე უნდა დაიხარჯოს 4.800 000 კაცდღე. პერსპექტიული გეგმით 1990 წლისათვის ვენახის ფართობი უნდა გადიდდეს 229 ათასი ჰა-მდე, რომლის საერთო მოსავლიანობამ უნდა მიაღწიოს 1,350 ათას ტონა ყურძენს, ასეთ ფართობზე გაშენებულ ვენახებში ნიადაგის დამუშავებისათვის უნდა დაიხარჯოს 6.870 ათასი კაცდღე. ჩვეულებრივად კულტივაცია ტარდება ისეთ პერიოდში, როდესაც მუშახელი დაკავებულია სხვა მრავალი სახის სამუშაო ოპერაციებით, რის გამოც აგროტექნიკურ ვადებში ფერხდება კულტივაციის სამუშაოთა შესრულება და იზრდება ნაკვეთების დასარეველიანება. ამიტომ ვენახების მწკრივში და მცენარეთაშორისებში სარეველა მცენარეების წინააღმდეგ თერმული მეთოდით ბრძოლა დიდად შეუწყობს ხელს შრომითი დანახარჯების შემცირებას. ამ მიზნით ტრაქტორებისა და ავტომობილების კათედრაზე დამუშავებულ НТК-100 მარკის თერმული კულტივატორის ბაზაზე კონსტრუირებული იქნა გასაწევ სექციანი თერმული მოწყობილობა.

თერმულ კულტივატორზე მარჯვენა და მარცხენა მხარეს დამონტაჟებული თერმული მოწყობილობის დაცვის ზოლის სიმეტრიის ღერძისკენ გაწევა და მწკრივის სიმეტრიის ღერძისკენ შემოწევა წარმოებს პიღრაული-კური ან მექანიკური ამძრავით. საბაზო თერმული კულტივატორი და დამა-

ტებითი თერმული მოწყობილობა იკვებება საერთო კვების სისტემიდან (ნახ. 1).



ნახ. 1. HTK-100 მარკის თერმული კულტივატორის სქემა.

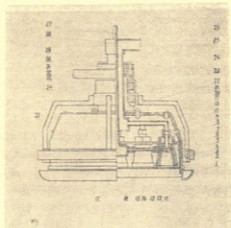
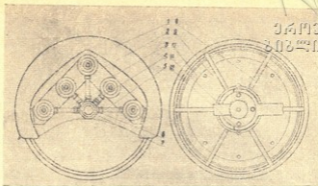
1—სანთურების ყუთი; 2—სანთურა; 3—ჰაერის გამანაწილებელი კამერა; 4—საწვავის გამანაწილებელი კამერა; 5—ჰაერის საჭირხნი; 6—სალველე ამძრავი ბორბალი; 7—ღველი; 8—საწვავი აირის ბალონი; 9—საწვავი აირის მილსადენი; 10—ჰაერის მილსადენი; 11—სარეველების დამფენი; 12—ყუთის საყრდენი საგორავები; 13—ნამუშევარი აირების გამშვები მილი; 14—რედუქტორი; 15—რედუქტორიდან გამოყვანილი მილი; 16—ჰიეზომეტრი; 17—გამათხვეირებლის საკიდი; 18—რეგულატორი; 19—ფილა; 20—თათი.

.HTK-100 მარკის თერმულ კულტივატორთან შეერთებულია დამატებითი გასაწევსექციანი თერმული მოწყობილობა. მოწყობილობა ძირითად თერმულ კულტივატორთან ერთადაა დააგრეგატებული T-25 მარკის ტრაქტორზე და მუშაობს აიროვან საწვავზე (პროპან-ბუთანი), ნავთზე და დიზელის საწვავზე.

დამატებითი თერმული მოწყობილობის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს თერმული აპარატი (ნახ. 2 ა, ბ). აპარატში საწვავი ნარევის ალის ტემპერატურა აღწევს 700—1200°-მდე.

მე-2 ნახ.-ზე წარმოდგენილია თერმული აპარატის საერთო ხედები. მის სფერულ კორპუსში განლაგებულია 5 სანთურა. კორპუსის ქვედა მხარეზე ყრუდ შეერთებულია საყრდენი თათი (1), რომლის კონსტრუქციით გამორიცხულია ნიადაგის წახვეტა.

თერმული აპარატი ჩართულია ძირითადი თერმული კულტივატორის კვების სისტემის ნაწილებთან, საიდანაც ხორციელდება საწვავი აირის მიწოდება და მისი რეგულირება. სფერული კორპუსის ზედა მხრიდან ჰანჭიკები შეერთებულია ღრუ ღერძში, ღერძის შიგა ნაწილში გაყვანილია კვების სისტემის მილები, ზოლო ღერძის ქვედა მილტუჩა ოთხი ჰანჭიკით შეერთებულია სფერული კამერის ზედა ნაწილის ცენტრში. ღერძზე წამოცმულია ორი ცალი საყრდენი ბურთულა საკისარი (23—24), ქვედა ბურთულა საკისარს (2) გარედან გაკეთებული აქვს მბრუნავი რგოლი (21), რომელიც 6 ცალი მანით შეერთებულია თერმული აპარატის მწკრივიდან გამომრთველ მბრუნავ რგოლთან. რგოლს გარედან წამოცმული აქვს რეზი-



ნახ. 2. თერმული აპარატის საერთო ხედი: წინხედი, ბ) ზედა ხედი.

ნახ. 2 ა. 1—თერმული აპარატის საყრდენი თათი; 2—სანთურების დამკვეთი ფარი; 3—რეზინის რგოლი; 4—სანთურის კორპუსი; 5—კერამიკის წვის კამერა; 6—სფერული შემრევი კამერა; 7—სანთურების დამკვეთი ფილა; 8—საპაერო მილტუხა; 9—მილტუხის ქანჩი; 10—საპაერო მილი; 11—კერამიკის შემკავებელი ქანჩი; 12—გამოტრევი; 13—საწვავის მილტუხა; 14—მილტუხის ქანჩი; 15—საწვავის მილსადენი; 16—17—საწვავის გამანაწილებელი კამერა; 18—აპარატის სფერული კორპუსის აზბესტის იზოლაციით; 19—20—პაერის გამანაწილებელი კამერა; 21—შეკრებიდან გამომართული მბრუნავი რგოლი; 22—მილისებური უძრავი ღერძი; 23—გამომართული საკისარი; 24—დამხმარე საკისარი; 25—ქანჭიკი; 26—ღერძისა და ფილის შემაერთებელი ქანჭიკი; 27—საწვავის მილსადენი; 28—მილისებური ქანჩი; 29—საპაერო მილი; 30—ფილა; 31—გამომართული მილისა; 32—გამომართული ტელესკოპური ლილევი; 33—საკისარის ბუდე; 34—ძირითადი საკისარის ბუდე; 35—აზბესტის კორპუსთან შემკავებელი ქანჭიკი.

ნახ. 2 ბ) 1—საყრდენი თათი; 2—სანთურის დამკვეთი სამკუთხი; 3—სანთურა; 4—ქანჩი; 5—მილსადენი; 6—საწვავი ბირის გამანაწილებელი კამერა; 7—პაერის გამანაწილებელი კამერა; 8—შექანიერო გამომართული; 9—კორპუსის საზრავი; 10—სფერული კორპუსი; 11—საპაერო მილი; 12—ქიდრავლეკო გამომართულის ჩანგალი.

ნის რგოლი (3), რომლის დანიშნულებაც ვენახის შტამბზე რბილად შეხე-
ბა. გამომრთველ რგოლს, მანებს და საკისარს და სხვა მოწყობილობას
შტამბთან შეხების მომენტში გამოყავს კვალიდან კულტივატორი, ხეფი
შტამბთან შეხების შეწყვეტის შემდეგ კულტივატორი მდინის მუკივებში
და ახორციელებს სარეველების თერმულ დამუშავებას.

ღერძის ზედა ნაწილში მოთავსებულია მეორე ბურთულა საყრდენი
საკისარი (2) თავისი ბუდით, ხოლო ღერძის ზედა ნაწილში წამოცმულია
მილისა (22), რომელიც ფილას (30) აერთებს ქანჭიკებით (25) ღერძთან
და მილისასთან, რაც ფილას და მილისას არ აძლევს საშუალებას იბრუნოს
ღერძის იკარმემო, ან იმოძრაოს ვერტიკალურ სიბრტყეში, მილისა (22) თა-
ვის მხრივ შეერთებულია ტელესკოპურ ლილვთან (32), ეს უკანასკნელი—
ჰიდრაულიკურ გამომრთველ ავტომატთან.

თერმული აპარატის შიდა ზედაპირზე გაკეთებულია აზბესტის იზო-
ლატორი, რომელიც უზრუნველყოფს აპარატის სფერულ ნაწილზე (18)
სითბოს გადაცემის იზოლაციას. აზბესტის შიდა ზედაპირზე გადაკრულია
შემაკავებელი თუნუქი, რომელიც ქანჭიკების საშუალებით აერთებს აზ-
ბესტს სფერულ კორპუსთან.

ა—თერმული აპარატის ზედა ზედში შჩაჩვენებია მბრუნავი მექანიკური
გამომრთველი (8), სფერული კორპუსის სახურავი (9), საპაერო მილი (11)
და ჰიდრაულიკური გამომრთველის ჩანგალი (12), რომელიც ტელესკოპურა
ლილვით დაკავშირებულია ჰიდროცილინდრთან. მოწყობილობა ჩანგლით,
ტელესკოპური ლილვით და საყრდენი სამკუთხით შეერთებულია მწკრი-
ვთაშორისებში მომუშავე კულტივატორის თერმულ ყუთთან, რომელიც
წარმოადგენს თერმული აპარატის საყრდენს.

ბ—თერმულ აპარატში ერთ-ერთ საპასუხისმგებლო კვანძს წარმოად-
გენს სანთურა (ნახ. 3), რომლის დანიშნულებაცაა ჰაერისა და საწვავის ნარე-
ვის დამზადება.

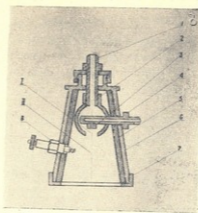
ავების მიხედვით სანთურა წარმოადგენს კონუსური ფორმის ლითო-
ნის ქიქას, რომელიც დამონტაჟებულია სფერული აპარატის შიგნით თარა-
ზულად განლაგებულ ფილაზე (7). სანთურის კორპუსს (4) ზედა მხრიდან
მოწყობილი აქვს ფილაზე საბჯენი ყელი (ნახ. 2).

სანთურის საწვავის გამანაწილებელი კამერა (17) მილსადენით დაკავ-
შირებულია აირის ბალონთან ან საწვავის ავზთან. ჰაერის გამანაწილებე-
ლი კამერა (20) იკოფირებული ტილოს იკარეზინებული მილით შეერთე-
ბულია მაღალი მწარმოებლობის ჰაერის საჭირხნთან, რომელთა დახმარე-
ბით გამანაწილებელი კამერებიდან საწვავი და ჰაერი მიეწოდება სანთუ-
რის სფერულ შემრევე კამერას (6).

სანთურის სფერულ საკანს თარაზულ სიბრტყეში შეერთებული აქვს
საწვავის მიმწოდებელი არხიანი ქანჭიკი (4), (ნახ. 3). არხის ერთი თავი
უერთდება საწვავის მილს, ხოლო მეორე თავთან ჩახრახნილია გამფრქვევი

(3), რომლის დიამეტრი სხვადასხვა პირობისათვის სარეველების სანთურის და სიმაღლის მიხედვით იცვლება 1 მმ-დან 2 მმ-მდე, სანთური კორპუსის

ეროვნული
შეზღვევის



ნახ. 3. სანთურა

- 1—საპაერო მილისა; 2—სფერული შემრევი საკანი; 3—გამფრქვევი; 4—საწვავის მიმწოდებელი მილისა; 5—კერამიკის წვის კამერა; 6—სანთურის კორპუსი; 7—კერამიკის კამერის შემაკავებელი ქანჩი; 8—ვარვარა სანთელი.
I—შემრევი კამერა;
II—წვის კამერა.

შიდა ზედაპირზე ჩასმულია ცეცხლგამძლე კონუსური ფორმის კერამიკის იზოლატორი (5), რომელიც კორპუსს (6) იცავს მაღალი ტემპერატურის მოქმედებისაგან. კერამიკის იზოლატორი კორპუსთან შემავარებულია სპეციალური მილისებური ქანჩით (7). სანთურის წვის საკანში თერმული აპარატის 5—სანთურიდან ერთს მოწყობილი აქვს ვარვარა სანთელი (8), რომელიც უზრუნველყოფს ნარევის ანთებას ხუთივე სანთურში, ვარვარა სანთელი იკვებება ტრაქტორზე დაყენებული 12 ვოლტიანი სასტარტერო ტიპის აკუმულატორიდან. ამ მიზნით სანთურას კორპუსს (6), შემრევი საკანის ქვედა მხარეს გაკეთებული აქვს სანთელი, რომელშიაც ჩაბრაზნილია T-52 ტრაქტორის სტანდარტული ვარვარა სანთელი (8). სანთურა საწვავს ღებულობს გამანაწილებელი კამერიდან სპილენძის მილსადენით. საპაერო კამერიდან მილსადენით ხდება შემრევი საკანში ჰაერის მიწოდება.

სანთურას მუშაობა ძირითადად მაღალი ტემპერატურის პირობებში უხდება, ამიტომ შერჩეულმა მასალამ უნდა დააკმაყოფილოს მაღალი ტემპერატურის გამძლეობის მოთხოვნები. არსებული თერმული კულტივატორების სანთურები ნაკლებად აკმაყოფილებს ამ მოთხოვნებს. ახალი კონსტრუქციის სანთურა შედგება 18 ნაწილისაგან, რომლის დასამზადებლად გამოყენებულია 6 სხვადასხვა მარკის მასალა. სანთურის ძირითადი კორ-

პუსი შზადდება 3/1 მარკის ფოლადისაგან, რომელიც 0,3%-ნახშირბადის შეიცავს.

სანთურის ნაწილების დასამზადებლად გამოყენებულია ფერადი ლითონები—ბრინჯაო და სპილენძი. ცნობილია, რომ გამჭრქვევის განიცდის საწვეავში არსებული სიმკვევებისა და თბური კაპილარის გავლენას. ამ მიზნით გამჭრქვევის დამზადებისათვის ბრინჯაო უნდა შეიცავდეს 10% კალას, რომელიც ხასიათდება ანტიკოროზიულობით.

სანთურის ნაწილებიდან მალალ ტემპერატურულ პირობებში უხდება მუშაობა წვის კამერას. კამერაში ხშირად ალის ტემპერატურა აღწევს 1300°-ს.

წვის კამერის დასამზადებლად შერჩეულია ცეცხლგამძლე კერამიკა, რომელშიაც შედის: ცეცხლგამძლე თიხა—15%, კაოლინი—37,4%, პერლიტი—19%, კვარცქვიშა—29,25% და ნამსხვრევები — 5,48%. ამ შემადგენლობის კერამიკამ დააკმაყოფილა ცეცხლგამძლეობაზე წაყენებული მოთხოვნები.

HTK-100 კულტივატორის გამოცდების შედეგად დადგინდა, სარეველა მცენარეებზე 0,8 წამით 600—700°-მდე ტემპერატურის მოქმედებით, ილუპება მცენარის მიწისზედა ნაწილი (ღერო და ფოთოლი), აგრეთვე ერთწლოვანი მცენარეების ფესვთა სისტემა.

მრავალწლოვანი მცენარეების უმეტესობა ერთჯერადი მოწვის შემდეგ იკეთებს ახალ ამონაყარს, ხოლო ორჯერადი და სამჯერადი მოწვის შემდეგ—მცენარეები ილუპება თავისი ფესვთა სისტემით.

სარეველა მცენარეების თერმული დამუშავების პროცესში ნიადაგის ზედაპირზე მალალი ტემპერატურის მოქმედება ექვს იწვევდა, იმის შესახებ, რომ მას უარყოფითი გავლენა არ მოეხდინა ნიადაგში არსებული მიკროფლორაზე. ცდების შედეგად დადგინდა, რომ 0,8 წამიდან 1 წამის განმავლობაში 500°-დან 1000°-მდე ტემპერატურის მოქმედებით ნიადაგის ზედაპირის 1—4 სმ სიღრმეზე, არსებულთან შედარებით ტემპერატურამ მოიმატა 1°-დან 3°-მდე, ხოლო 4 სმ სიღრმის შემდეგ ნიადაგის ტემპერატურა არ შეცვლილა. მიკროფლორის რაოდენობრივი ანალიზებისათვის საცდელ და საკონტროლო ნიადაგებიდან აღებული ნიმუშების ლაბორატორიული ანალიზით დადგინდა, რომ სარეველების თერმული დამუშავების პროცესში ნიადაგის ზედაპირზე 1 წამის განმავლობაში მოქმედი ტემპერატურა გავლენას არ ახდენს მიკროფლორის რიცხობრივობაზე.

საველე გამოცდების შედეგად მიღებული მონაცემები, რომელიც 1-ელ ცხრილშია მოცემული, წარმოადგენს 3 წლის განმავლობაში ჩატარებული ცდების საშუალო სიდიდეებს. ერთჯერადი, ორჯერადი და სამჯერადი მოწვის შედეგებზე მიღებულ პროცენტებში შესულია მოწვიდან 10 დღეში ახლად აღმოცენებული და მოწვის შემდეგ ამონაყარი მცენარეები, რამაც შეამცირა მოწვის პროცენტული სიდიდე. ფაქტიურად მოწვის პროცესში აღმოცენებული მცენარის მიწისზედა ნაწილის 100% ილუპება.

ИТК-100 նախ օգնելու շրջանագրի քանակի ցուցանիսի նշանակությունը
 Գնահատվող առարկաների նախնական քանակը



Գնահատվող	Կ Ե Մ Ն Ե Ն Ե Կ Ե Կ Ե Ն Ե Կ Ե Կ												Գնահատվող
	Ե	Կ	Մ	Ն	Ե	Ն	Ե	Կ	Ե	Ն	Ե	Կ	
I-նպատակով	16	2	1	3	1	3	1	2	2	—	1	31	77,5
II-ցուցանիսով	3	1	1	1	—	—	—	—	1	—	—	7	
III-ցուցանիսով	13	1	2	1	2	1	—	1	1	—	—	22	
IV-ցուցանիսով	18	—	2	5	2	1	—	2	1	2	—	33	
I-նպատակով	19	4	5	4	2	3	1	3	5	—	1	47	—
II-ցուցանիսով	2	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	4	
III-ցուցանիսով	1	1	1	—	1	1	—	—	2	—	—	6	
IV-ցուցանիսով	3	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	6	
I-նպատակով	17	8	9	4	2	2	—	1	9	—	—	59	—
II-ցուցանիսով	—	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	10	
III-ցուցանիսով	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3	
IV-ցուցանիսով	1	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	4	

სარეველა მცენარეების თერმული დამუშავების პროცესში უზრუნველდება სარეველებზე მობინარე მავნე მწერები და სოკოები, რითაც იზრდება მათი გავრცელება კულტურულ მცენარეებზე და მცირდება მათი წინააღმდეგ გამოყოფილი ხარჯების სიდიდე (ცხრ. 1).

HTK-100 გამოცდების მონაცემების შედარებით ~~HTK-100~~ მანქანის მექანიკური კულტივატორის გამოცდების მონაცემებთან შედარებით შრომის დანახარჯები შემცირდა 2,6-ჯერ, პირდაპირი დანარიცხები პროდუქციის ერთეულზე 12,45%, მოსავლიანობა გაიზარდა 23%-ით. თერმული კულტივატორით ყოველ 1000 ჰექტარი ფართობის დამუშავება საქართველოს კოლმეურნეობებსა და საბჭოთა მეურნეობებს წლიურად მისცემს 712 000 მანეთის დანაზოგს.

Г. Д. ТАБОРИДЗЕ

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Среди острых проблем, вставших перед человечеством на современном этапе его развития, рациональное расходование энергетических ресурсов и сохранение окружающей среды, являются тесно связанными с развитием автомобилизации.

Все большее обострение вышеназванных проблем в значительной мере обусловлено огромным ростом масштабов выпуска и эксплуатации поршневых ДВС с искровым зажиганием. Именно поэтому обеспечение безвредности выхлопа и повышение экономичности ДВС, сами стали факторами, определяющими дальнейшие направления усовершенствования конструкций двигателей.

Среди этих направлений, наиболее рациональным является создание таких двигателей, которые смогут обеспечить возможно полное использование теплотворной способности топлива и снижение концентрации токсических компонентов в отработавших газах до минимума.

Первым условием достижения этой цели является применение вместо обогащенных или стехиометрических, несколько обедненных горючих смесей, т. к. удельная токсичность отработавших газов, как известно, наименьшей получается при $\alpha = 1,20 \div 1,24$ [2, 3, 4].

Но такое обеднение горючей смеси, сильно затрудняет устойчивое воспламенение и надежное сгорание топлива, что ухудшает преобразование тепловой энергии в механическую, из-за вялого протекания процесса сгорания и роста при этом, тепловых потерь, значительно ухудшающих экономичность двигателя. Поэтому вторым необходимым условием рациональной организации процесса сгорания является осуществление надежной интенсификации всех

стадий процесса сгорания, одновременно с обеднением горючей смеси. В качестве методов интенсификации сгорания обычно применяются:

1. Уплотнение горючей смеси перед сгоранием;
2. Расслоение заряда, по концентрации топлива в горючей смеси, перед воспламенением;
3. Турбулизация заряда, участвующего в сгорании;
4. Установка теплового аккумулятора (экрана) у электродов свечи зажигания;
5. Двухискровое зажигание.

Наиболее традиционным и надежным способом интенсификации всех фаз сгорания является первый метод — повышение плотности заряда перед воспламенением, что отражено и в порядке осуществления рабочих циклов всех современных поршневых двигателей в виде тактов сжатия.

Особенно радикально выявляется ее воздействие на процесс горения обедненных горючих смесей [1, 4].

Расслоение обедненного заряда по концентрации топлива с более богатым составом в слоях, расположенных у электродов свечи зажигания, обеспечивает довольно быстрое сформирование мощного фронта пламени, что обуславливает удовлетворительное протекание сгорания обедненных объемов горячей смеси.

Турбулизация заряда участвующего в сгорании, сильно увеличивает поверхность фронта пламени и массовую скорость сгорания во второй фазе этого процесса.

Установка теплового экрана у электродов свечи зажигания способствует стабильности протекания последовательных циклов и сокращает первую фазу сгорания обедненных горючих смесей. Данный метод интенсификации горения впервые был предложен сотрудниками кафедры «Автотракторные двигатели» МАДИ.

Двухискровое зажигание давно считается средством повышения надежности работы авиационных поршневых двигателей и гашения детонации автомобильных двигателей [10].

Так как в течение всего рабочего цикла и особенно его процесса сгорания, плотность рабочего тела меняется непрерывно, то является очень интересным, состояние газа в отдельных его точках выражать через плотность.

Плотность горючей смеси в любой момент процесса сгорания можно определить при помощи т. н. степени уплотнения заряда (ϵ'_{ρ})

$$\varepsilon'_{\rho} = \varepsilon_{\rho} \cdot \varepsilon_{\rho_{1,2}}$$

где: $\varepsilon_{\rho} = \frac{\rho_c}{\rho_a}$ — степень уплотнения заряда в течение такта сжатия;

$\varepsilon_{\rho_{1,2}} = \frac{\rho'_c}{\rho_c}$ — степень уплотнения заряда горючей смеси в течение процесса сгорания, фронтом пламени;

ρ_a, ρ_c и $\rho'_c \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ — значения плотности горючей смеси соответственно: перед началом такта сжатия, перед подачей электрической искры в конце такта сжатия и перед воспламенением фронтом пламени, в процессе его продвижения по камере сгорания.

В конце такта сжатия, перед подачей электрической искры $\varepsilon_{1,2} = 1$ и поэтому, взамен выражения (1) будем иметь:

$$\varepsilon'_{\rho} = \varepsilon_{\rho} = \frac{m_c}{m_a} \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Здесь: m_c и m_a (кг) — масса горючей смеси в конце и начале такта сжатия;

$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$ — степень сжатия двигателя.

В реальном двигателе всегда имеет место неравенство $\frac{m_c}{m_a} < 1$ и это отношение тем меньше единицы, чем больше он изношен.

Из выражения (2) следует, что:

$$\rho_c = \rho_a \cdot \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (3)$$

И, следовательно, с целью интенсификации сгорания повышение плотности заряда в конце такта сжатия (ρ_c), перед воспламенением горючей смеси электрической искрой, можно осуществить тремя способами: увеличением начальной плотности заряда (ρ_a) — при помощи полнопоточного, обыкновенного (газотурбинного механического и т. д.) наддува; повышением степени сжатия (ε) двигателя и увеличением отношения масс $\frac{m_c}{m_a}$.

Интересно заметить, что два первых способа (ρ_a и ε) повы-

HTK-100 მარცხენარი კარბონბიტის ვანის ფაბრიკის მუშაკთა შრომითი წარმომადგენელთა სახელის სივრცის

მ. შ. მ. 1

ს. ა. გ. კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.

კატეგორია	ს. ა. გ. კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.													საშუალო
	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	კ. ა. დ. ვ. ბ. ჯ. რ. გ. მ. ნ. ი. თ. ლ. შ. ც. ზ. ძ. ჯ. ზ.	
I-საკონტროლო	16	2	1	3	1	3	1	2	2	—	—	31	77,5	
II-კატეგორია მუშა	3	1	1	1	—	—	—	—	1	—	—	7		
III-კატეგორია მუშა	12	1	3	1	2	1	—	1	1	—	—	22		
IV-კატეგორია მუშა	18	—	2	5	2	1	—	2	1	2	—	33		
I-საკონტროლო	19	4	5	4	2	3	1	3	5	—	1	47	87,3	
II-კატეგორია მუშა	2	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	4		
III-კატეგორია მუშა	1	1	1	—	1	1	—	—	2	—	—	6		
IV-სარეზერვუარო მუშა	3	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	6		
I-საკონტროლო	17	8	9	4	2	2	—	1	9	—	—	59	88,8	
II-კატეგორია მუშა	—	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	10		
III-კატეგორია მუშა	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3		
IV-სარეზერვუარო მუშა	1	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	4		

სარეველა მცენარეების თერმული დამუშავების პროცესში რეგდება სარეველებზე მობინადრე მავნე მწერები და სოკოები, რითაც იზღუდება მათი გავრცელება კულტურულ მცენარეებზე და მცირდება მათი ფინანსური დეგამოყოფილი ხარჯების სიდიდე (ცხრ. 1). ერქვეშული

HTK-100 გამოცდების მონაცემების შედარებით HTK-100 -ის მანქანის მექანიკური კულტივატორის გამოცდების მონაცემებთან შედარებით შრომის დანახარჯები შემცირდა 2,6-ჯერ, პირდაპირი დანარიცხები პროდუქციის ერთეულზე 12,45%, მოსავლიანობა გაიზარდა 23%-ით. თერმული კულტივატორით ყოველ 1000 ჰექტარი ფართობის დამუშავება საქართველოს კოლმეურნეობებსა და საბჭოთა მეურნეობებს წლიურად მისცემს 712 000 მანეთის დანაზოგს.

Г. Д. ТАБОРИДЗЕ

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Среди острых проблем, вставших перед человечеством на современном этапе его развития, рациональное расходование энергетических ресурсов и сохранение окружающей среды, являются тесно связанными с развитием автомобилизации.

Все большее обострение вышеназванных проблем в значительной мере обусловлено огромным ростом масштабов выпуска и эксплуатации поршневых ДВС с искровым зажиганием. Именно поэтому обеспечение безвредности выхлопа и повышение экономичности ДВС, сами стали факторами, определяющими дальнейшие направления усовершенствования конструкций двигателей.

Среди этих направлений, наиболее рациональным является создание таких двигателей, которые смогут обеспечить возможно полное использование теплотворной способности топлива и снижение концентрации токсических компонентов в отработавших газах до минимума.

Первым условием достижения этой цели является применение вместо обогащенных или стехиометрических, несколько обедненных горючих смесей, т. к. удельная токсичность отработавших газов, как известно, наименьшей получается при $\alpha = 1,20 \div 1,24$ [2, 3, 4].

Но такое обеднение горючей смеси, сильно затрудняет устойчивое воспламенение и надежное сгорание топлива, что ухудшает преобразование тепловой энергии в механическую, из-за вялого протекания процесса сгорания и роста при этом, тепловых потерь, значительно ухудшающих экономичность двигателя. Поэтому вторым необходимым условием рациональной организации процесса сгорания является осуществление надежной интенсификации всех

стадий процесса сгорания, одновременно с обеднением горючей смеси. В качестве методов интенсификации сгорания обычно применяются:

1. Уплотнение горючей смеси перед сгоранием;
2. Расслоение заряда, по концентрации топлива и горючей смеси, перед воспламенением;
3. Турбулизация заряда, участвующего в сгорании;
4. Установка теплового аккумулятора (экрана) у электродов свечи зажигания;
5. Двухискровое зажигание.

Наиболее традиционным и надежным способом интенсификации всех фаз сгорания является первый метод — повышение плотности заряда перед воспламенением, что отражено и в порядке осуществления рабочих циклов всех современных поршневых двигателей в виде тактов сжатия.

Особенно радикально выявляется ее воздействие на процесс горения обедненных горючих смесей [1, 4].

Расслоение обедненного заряда по концентрации топлива с более богатым составом в слоях, расположенных у электродов свечи зажигания, обеспечивает довольно быстрое формирование мощного фронта пламени, что обуславливает удовлетворительное протекание сгорания обедненных объемов горячей смеси.

Турбулизация заряда участвующего в сгорании, сильно увеличивает поверхность фронта пламени и массовую скорость сгорания во второй фазе этого процесса.

Установка теплового экрана у электродов свечи зажигания способствует стабильности протекания последовательных циклов и сокращает первую фазу сгорания обедненных горючих смесей. Данный метод интенсификации горения впервые был предложен сотрудниками кафедры «Автотракторные двигатели» МАДИ.

Двухискровое зажигание давно считается средством повышения надежности работы авиационных поршневых двигателей и гашения детонации автомобильных двигателей [10].

Так как в течение всего рабочего цикла и особенно его процесса сгорания, плотность рабочего тела меняется непрерывно, то является очень интересным, состояние газа в отдельных его точках выразить через плотность.

Плотность горючей смеси в любой момент процесса сгорания можно определить при помощи т. н. степени уплотнения заряда ($\epsilon' \rho$)

$$\varepsilon'_{\rho} = \varepsilon_{\rho} \cdot \varepsilon_{\rho_{1,2}}$$

где: $\varepsilon_{\rho} = \frac{\rho_c}{\rho_a}$ — степень уплотнения заряда в течение такта сжатия;
 $\varepsilon_{\rho_{1,2}} = \frac{\rho'_c}{\rho_c}$ — степень уплотнения заряда горючей смеси в течение процесса сгорания, фронтом пламени;

ρ_a, ρ_c и $\rho'_c \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ — значения плотности горючей смеси соответственно: перед началом такта сжатия, перед подачей электрической искры в конце такта сжатия и перед воспламенением фронтом пламени, в процессе его продвижения по камере сгорания.

В конце такта сжатия, перед подачей электрической искры $\varepsilon_{1,2} = 1$ и поэтому, взамен выражения (1) будем иметь:

$$\varepsilon'_{\rho} = \varepsilon_{\rho} = \frac{m_c}{m_a} \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Здесь: m_c и m_a (кг) — масса горючей смеси в конце и начале такта сжатия;

$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$ — степень сжатия двигателя.

В реальном двигателе всегда имеет место неравенство $\frac{m_c}{m_a} < 1$ и это отношение тем меньше единицы, чем больше он изношен.

Из выражения (2) следует, что:

$$\rho_c = \rho_a \cdot \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (3)$$

И, следовательно, с целью интенсификации сгорания повышение плотности заряда в конце такта сжатия (ρ_c), перед воспламенением горючей смеси электрической искрой, можно осуществить тремя способами: увеличением начальной плотности заряда (ρ_a) — при помощи полнопоточного, обыкновенного (газотурбинного механического и т. д.) наддува; повышением степени сжатия (ε) двигателя и увеличением отношения масс $\frac{m_c}{m_a}$.

Интересно заметить, что два первых способа (ρ_a и ε) повы-

шения плотности заряда в конце такта сжатия, не позволяют осуществить и его расслоение, весьма желаемое при сжигании обедненных горючих смесей.

Что касается третьего члена уравнения — $\frac{m_c}{m_a}$ — путем добавления дополнительного чистого воздуха в процессе сжатия, при помощи т. н. частичного наддува, вызывает не только увеличение плотности (ρ_c) в конце такта сжатия, но и обеспечивает как рациональное расслоение горючей смеси в камере сгорания, так и необходимую турбулизацию заряда, благодаря чему в пристеночных объемах на значительной поверхности камеры сгорания, вместо горючей смеси оказывается только чистый воздух, что резко сокращает выброс несгоревших углеводородов (СН) с отработавшими газами.

Частичный наддув позволяет также дополнительно регулировать температуру заряда перед воспламенением, повышая ее при сжигании обедненных смесей и снижая при форсировке двигателя по мощности.

Для осуществления частичного наддува необходимо иметь предварительно сжатый в воздушном аккумуляторе (в ресивере), чистый воздух, который через редуктор под определенным давлением ($P_H = 0,2 \div 0,9$ МПа) направляется к нагнетательному клапану —

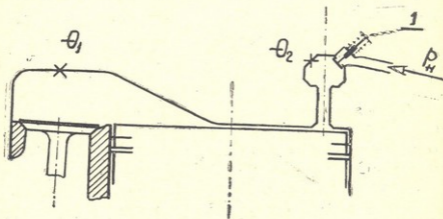


Рис. 1

(1). Последний может открываться в необходимый момент как автоматически, так и принудительно (см. рис. 1). Объем воздушного

аккумулятора зависит от давления воздуха в нем (который может варьировать в пределах $P_{ak} \approx 1,2 \div 10,0$ мПа) и выбирается с расчета обеспечения частичного наддува, на разгонных режимах двигателя, в течение $1 \div 3$ мин.

Нагнетательный клапан (1) при этом располагается в противоположном, от основной свечи зажигания (Θ_1), месте камеры сгорания, в небольшой ($V_k \approx 0,02 \cdot V_c$) предкамере.

При частичном наддуве расслоение заряда вызывает образование примерно трех основных слоев:

1. Горючего слоя с очень богатым составом смеси ($\alpha < 1$);
2. Негорючего слоя, очень сильно обедненного топливом (почти чистого воздуха) $\alpha \gg 2$, и 3. Промежуточного слоя, сильно обедненной горючей смеси — выходящей за нижний предел воспламеняемости ($\alpha > 1,4$), в котором пламя при обычных условиях должна была бы затухать.

Но при частичном наддуве из-за увеличения плотности и температуры этого обедненного заряда, топливо догорает устойчиво и стабильно, что отражается положительно как на мощностные, так и экономические показатели двигателя.

Необходимо при этом иметь в виду и то, что сильно обедненные слои горючей смеси вступают в химическую реакцию сгорания дополнительно уплотненные и фронтом пламени (со степенью — $\epsilon_{\rho_{1,2}}$)

Как показали проведенные еще в 30-х годах классические исследования Л. Уитроу и Д. Рассвелера [5] одноцилиндрового нижнеклапанного двигателя, имеющего степень сжатия $\epsilon = 4,6$ и работающего на чистом изоктане, около 37% горючей смеси вступает в

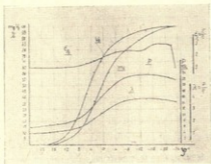


Рис. 2.

реакцию сгорания уплотненная больше чем в два раза (т. е. $\varepsilon_{\rho_1} > 2$), а последняя, около $5 \div 7\%$ доза горючей смеси, уплотнена в три раза (т. е. $\varepsilon_{\rho_2} \approx 3$), см. рис. 2.

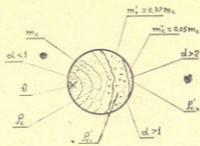
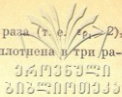


Рис. 3

Рис. 3

С учетом вышесказанного, состояние рабочего заряда по плотности перед воспламенением будет иметь вид (см. рис. 3):

Из выражения (1) и с учетом зависимости (3), а также приняв приближенное допущение расслоения заряда в камере сгорания по схеме и параметрам приведенным на рис. 3, получим значение плотности горючей смеси перед воспламенением фронтом пламени в обоих слоях (как в промежуточном, так и «негорючем» слоях):

$$\rho'_{c_{1,2}} = \rho_a \cdot \varepsilon_{\rho} \cdot \varepsilon_{\rho_{1,2}} = \rho_a \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_{\rho_{1,2}} \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (4)$$

Если примем следующие ориентировочные условия:

- $\varepsilon = 6$ — степень сжатия двигателя;
- $m'_c \approx 0,37 \cdot m_c$ (кг) — условная масса (при частичном наддуве — масса обедненных слоев смеси);
- $\varepsilon_{\rho_1} \approx 2$ — степень уплотнения m'_c — массы заряда;
- $m''_c \approx 0,05 \cdot m_c$ (кг) — условная масса (при частичном наддуве — сильно обедненной смеси);
- $\varepsilon_{\rho_2} \approx 3$ — степень уплотнения m''_c — массы заряда, то получим значения плотности заряда, перед воспламенением, как электрической искрой, так и фронтом пламени.

I. При работе двигателя без наддува и при гомогенной смеси
во всей камере сгорания:

1. В конце такта сжатия:

$$\rho_c = \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a = 6 \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$$

2. Перед воспламенением фронтом пламени, два раза уплотненной им смеси:

$$\rho'_{c1} = \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a \cdot \varepsilon_{\rho_1} = 6 \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a \cdot 2 = 12 \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$$

3. Перед воспламенением фронтом пламени, три раза уплотненной им горючей смеси:

$$\rho'_{c2} = \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a \cdot \varepsilon_{\rho_2} = 6 \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a \cdot 3 = 18 \frac{m_c}{m_a} \cdot \rho_a \quad \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$$

II. При частичном наддуве чистого воздуха и расслоении
горючей смеси в камере сгорания

При частичном наддуве двигателя отношение масс заряда в начале и конце такта сжатия, всегда получается больше единицы, т. е.

$$\frac{m_c}{m_a} > 1$$

В наших экспериментах на двигателе ЗИЛ-120-1, увеличение этого соотношения даже до $\frac{m_c}{m_a} \approx 1,6$ за счет частичного наддува только чистого воздуха, обеспечивало улучшение рабочих параметров цикла, несмотря на сильное переобеднение горючей смеси ($\alpha_{\text{сум}} > 1,5$).

Как видно из рис. 4, при частичном наддуве (см. индикаторную диаграмму — 2), несмотря на значение суммарного коэффициента избытка воздуха $\alpha_{\text{сум}} \approx 1,63$, индикаторные и эффективные показатели двигателя значительно улучшаются.

Среднеиндикаторное и среднеэффективное давление растут, а индикаторные и эффективные удельные расходы топлива снижаются примерно на 30%.

Сгорание протекает более устойчиво и стабильно. Средняя скорость сгорания (см. индикаторную диаграмму — 2, на рис. 4), при

этом увеличивается примерно на 8%, относительно режима работы двигателя без наддува, на горючей смеси, приблизительно стехиометрического состава ($\alpha \approx 0,99$).

04105920
303-010133

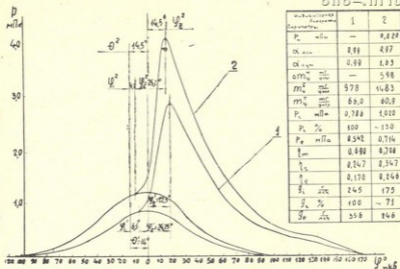


Рис. 4

Давление газов своего максимума достигает при $\varphi_{z_2} = 14,5^\circ$ пкв после ВМТ взамен $\varphi_{z_1} = 17,5^\circ$ пкв для состава смеси с $\alpha \approx 0,99$ и работе двигателя без наддува (для обеих диаграмм $n = 1170 \text{ мин}^{-1}$, $\alpha_{dp} = 100\%$ и снимались индикатором МАИ-2).

При этом плотность заряда горючей смеси перед воспламенением, в трех его основных слоях получается:

1. В горючем слое ($\alpha < 1$) перед воспламенением электрической искрой:

$$\rho_{c1} = \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \rho_a = 6 \cdot 1,6 \cdot \rho_a = 9,6 \cdot \rho_a \quad \left[\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right]$$

2. В промежуточное слое ($\alpha > 1$), к моменту воспламенения фронтом пламени:

$$\rho_{c1} = \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \varepsilon \rho_1 \cdot \rho_a = 6 \cdot 1,6 \cdot 2 \cdot \rho_a = 19,2 \cdot \rho_a \quad \left[\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right]$$

3. В «негорючем» слое ($d > 2$), к моменту воспламенения заряда фронтом пламени:

$$\rho'c_2 = \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \varepsilon_{p_2} \cdot \rho_a = 6 \cdot 1,0 \cdot 3 \cdot \rho_a = 23,5 \cdot \rho_a$$



Такое большое уплотнение, особенно последней частью, является надежной гарантией увеличения полноты сгорания, т. к. одновременно с плотностью увеличивается и его температура, интенсифицирующая окислительные реакции в последних объемах заряда.

Таблица 1

$\frac{m_c}{m_a}$	1,000	1,079	1,100	1,200	1,300	1,360	1,488	1,666
$E_p = \varepsilon \cdot \frac{m_c}{m_a} \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$	6,000	6,470	6,800	7,200	7,800	8,160	8,910	9,996
$T_c = T_a \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$ °K	686	705	710	733	754	766	791	825
$P_c = P_a \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$ МПа	0,85	0,94	0,97	1,09	1,21	1,29	1,45	1,70
$E_p' = E_p \cdot \varepsilon_p$	12,00	12,94	13,20	14,40	15,60	16,32	17,82	19,99
$T_c' = T_c \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$ °K	816	838	844	892	897	911	940	1100
$P_c' = P_c \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$	2,01	2,24	2,31	2,59	2,88	3,07	3,45	4,04
$E_p'' = E_p \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$	18,00	19,41	19,80	21,60	23,40	24,48	26,73	29,99
$T_c'' = T_c \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$ °K	903	928	934	965	992	1008	1041	1217
$P_c'' = P_c \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$ МПа	1,36	1,71	1,83	4,30	4,80	5,10	5,73	6,72

В таблице 1 приведены значения основных параметров (T , p и ε_p) состояния горючей смеси в трех ее основных слоях, подсчитанные для разных значений отношения масс — $\frac{m_c}{m_a}$.

При подсчете параметров отдельных слоев, кроме вышеизложенных, были приняты следующие допущения:

В слое i перед воспламенением электрической искрой, в конце такта сжатия, давление определяли как $p_c = p_a \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$ [МПа], а температуру $T_c = T_a \cdot \varepsilon_p^{n_{сж}}$ °K;

где принимали:

$\varepsilon_p = \frac{p_c}{p_a}$ — степень уплотнения заряда в процессе сжатия,

$T_a = 360$ °K — температура заряда в конце процесса всасывания;

$p_a = 0,0743$ [МПа] — давление заряда перед началом процесса сжатия;

$n_{сж} \approx 1,36$ — средний показатель политропы сжатия;

В слое II — перед воспламенением фронтом пламени, горячая смесь дополнительно—адиабатически поджата им же $\epsilon_{p_1} = 2$ —раза.

Давление горючей смеси при этом определяли, как $p'_c = p p_c \cdot \epsilon_{p_1}^k$ [МПа], а температуру: $T'_c = T_c \cdot \epsilon_{p_1}^{k-1}$ [K].

В слое III — горячая смесь поджата фронтом пламени $\epsilon_{p_2} = 3$ —раза, относительно плотности заряда к началу процесса сгорания; давление и температура определялись зависимостями:

$$p_c'' = p_c \cdot \epsilon_{p_2}^k \quad [\text{МПа}]; \quad T_c'' = T_c \cdot \epsilon_{p_2}^{k-1} \quad [^\circ\text{K}]$$

Для последних двух слоев — $k=1,25$ —является средним показателем адиабаты поджатия горючей смеси, горячими продуктами сгорания.

При этих подсчетах допускалось условие мгновенности поступления наддуваемого воздуха в цилиндр к началу такта сжатия.

Результаты данной серии экспериментов, совместно с ранее проведенными [6, 7, 8] свидетельствуют о рациональности замены, в карбюраторных двигателях автомобилей, топливного экономайзера карбюратора «воздушным экономайзером» двигателя, который на разгонных режимах автомобиля, при переходе к максимальным нагрузкам двигателя, при помощи частичного-импульсного (1 ÷ 3-х минутного) наддува чистого воздуха, обеспечит не обогащение, а обеднение горючей смеси (или сохранение «экономичной» дозировки

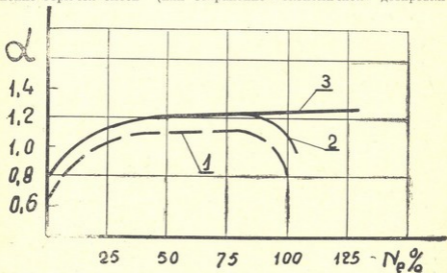


Рис. 5

карбюратора) и резкое снижение токсичности отработавших газов [2, 3] на этом режиме (см. участок — 3, на рис. 5) с более чувствительным прибавлением мощности.

На других нагрузочных режимах полноту сгорания топлива и экономичность двигателя можно повысить при помощи двухискрового зажигания с одновременным применением горючих смесей с более высоким значением коэффициента избытка воздуха (см. кривую — 2, на рис. 5), по сравнению с заводской-стандартной нагрузочной характеристикой двигателя (см. пунктирную линию — 1, на рис. 5).

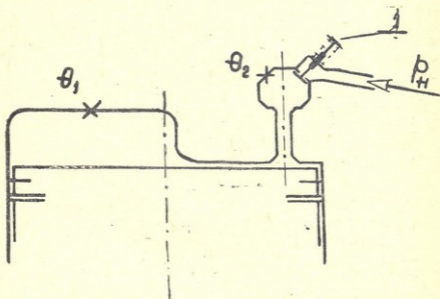


Рис. 6

В рассматриваемом варианте карбюраторных двигателей рациональной конструкции (см. рис. 1 и 6), в предкамере, кроме нагнетательного клапана — 1, располагается дополнительная свеча зажигания — θ_2 , которая питание получает от самостоятельной системы зажигания.

Двухискровое-двухфазное зажигание является реальным методом интенсификации сгорания обедненных и малоуплотненных горючих смесей (на дросельных режимах).

Иллюстрацией может служить индикаторные диаграммы, приведенные на рис. 7, снятые при работе двигателя ЗИЛ-120-1 (одно-

цилиндрического отсека двигателя ЗИЛ-120) на $n=1200$ мин⁻¹
 $=100\%$ и $z=1,142$ (бензин А-76).

ЗИЛ-120 1935 г. ЗИЛ-120 1935 г.
 $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$
 $\alpha_{\text{ж}} = 100\%$

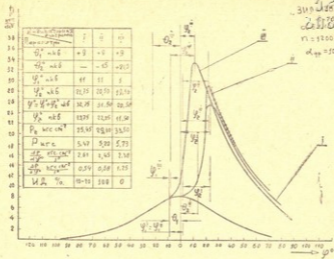


Рис. 7

Индикаторная диаграмма — I, снята на режиме работы двигателя с однокровым зажиганием, при $\Theta_1 = +9^\circ$ пкв (с установкой зажигания на пределе детонации).

Индикаторная диаграмма — III же показывает, насколько можно интенсифицировать процесс сгорания с помощью двухискрового-двухфазного зажигания, когда искры подаются в разные фазы: $\Theta_1 = +9^\circ$ пкв а $\Theta_2 = +21,5^\circ$ пкв до ВМТ.

Общая длительность сгорания, при 2-х искровом зажигании, уменьшается на 37,5%, а первая ее фаза — играющая решающую роль в обеспечении быстрого сгорания обедненной смеси с $\varphi_1^I = +11^\circ$ пкв до $\varphi_1^{III} = 1^\circ$ пкв.

На $\sim 52\%$ уменьшается и угол достижения максимального значения давления газов ($\varphi_2^{III} = 11,5^\circ$ пкв, вместо $\varphi_2^I = 23,75^\circ$ пкв); уменьшается и жесткость работы.

При дальнейшем запаздывании подачи второй искры до $\Theta_2 = -15^\circ$ пкв после ВМТ и неизменном опережении первой $\Theta_1 = +9^\circ$ пкв до ВМТ, интенсивность сгорания последней небольшой порции горючей смеси увеличивается настолько, что возникает явление т. н. «ивердетонации» (см. индикаторную диаграмму — II, на рис. 7) [9].

Проведенные исследования показали, что:

1. Существует реальная возможность замены топливного экономайзера «воздушным», путем частичного наддува, аккумулярованного, под избыточным давлением, чистого воздуха, на режимах максимальных нагрузок двигателя.

2. На остальных нагрузках чувствительного улучшения основных показателей двигателя обеспечивает двухискровое-двухфазное зажигание, как для нижнеклапанных, так и верхнеклапанных двигателей.

3. В рациональном поршневом автомобильном двигателе наличие «воздушного экономайзера» обеспечивает повышение его литровой мощности на $16 \div 30\%$, снижение на 30% удельных расходов топлива и токсичности его отработавших газов, на режимах полной нагрузки.

4. Двухискровое зажигание обеспечивает повышение на 12% экономичности двигателя и снижение токсичности продуктов его выхлопа на малых и средних нагрузках и на холостом ходу работы.

Л и т е р а т у р а

1. Воинов А. Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях, М., 1977.
2. Варшавский И. Л., Малов Р. В. Как обезвредить отработавшие газы автомобиля, М., 1968.
3. Звонов В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания, М., 1973.
4. Брозе Д. Д. Сгорание в поршневых двигателях М., 1969.
5. C. Withrow, G. Rassweiler—The Relationship between Flame Propagation and Pressure Development, 1933, 25; 1934, 26; 1935, 27.
6. Таборидзе Г. Д. Приспособление для частичного наддува — отчет научно-исследовательской работы кафедры «Тракторы и автомобили», Груз. СХИ, 1956.
7. Таборидзе Г. Д. Высотное корректирование состава горючей смеси и опережения зажигания автомобильного двигателя, К. Д., 1960, стр. 158—163.
8. Таборидзе Г. Д. Воздушный экономайзер карбюраторного двигателя. Труды Груз. СХИ, т. ХСIII, 1975, стр. 55—71.
9. Таборидзе Г. Д. Эффект Ивер-детонации. Труды Груз. СХИ, т. ХСVI, 1976.
10. Рикардо Г. Р. Быстроходные двигатели внутреннего сгорания, М., Машгиз, 1960.

УДК 577.3

З. Д. УРУШАДЗЕ

РОЛЬ СРЕДЫ В ПРОТЕКАНИИ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИИ

В данной работе рассматривается физический механизм влияния неполярной среды на протекание биохимических реакций и указаны пути количественного рассмотрения влияния среды на скорость реакции. При этом в понятие «среда» включена макромолекулярная белковая часть ферментов, несущая как неполярные группы (неполярная среда), так и полярные группы, образующие вместе с окружающими молекулами воды полярную среду.

В случае полярной среды для вычисления удельной константы скорости реакции необходимо знать форму поверхностей потенциальной энергии начального и конечного состояний, т. е. знать электронные термы V_i и V_f , как функции от координат ядер реагирующих частиц $\{\vec{R}_1, \dots, \vec{R}_N\}$ и от координат $\dots q_x \dots$, характеризующих поляризационное состояние среды [1]. Для нахождения зависимости электронных термов от координат следует решить уравнение Шредингера для электронной подсистемы. Однако, при практической реализации этой задачи возникают огромные математические трудности. На самых быстродействующих современных вычислительных машинах точность таких квантово-механических расчетов даже для простейших молекул весьма невелика. Поэтому, в настоящее время используется подход, который можно назвать феноменологическим и идея которого сводится к тому, что кривые потенциальной энергии молекулы аппроксимируются функцией, параметры которой находятся на опыте. Например, для двухатомной молекулы потенциальную кривую можно аппроксимировать т. н. потенциалом Морзе:

$$U(R \approx 2E - D) + D(1 - e^{-\gamma(R - R_0)})$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{M\omega^2}{4D}}$$



где $2E$ — энергия молекулы при бесконечном разведении атомов, D — энергия диссоциации, ω — частота гармонического колебания молекулы, R_0 — равновесная длина валентной связи и M — масса атома. На опыте можно найти как энергию диссоциации молекулы, так и частоту ω . При определении функциональной зависимости электронных термов от координат молекул среды мы фактически сталкиваемся с проблемой построения теории жидкости. Эта задача является одной из сложнейших в теоретической физике и она еще далека от полного разрешения. По этой причине, естественно попытаться использовать феноменологический подход и при количественном описании состояния среды. Как известно, идея спектроскопических измерений состоит в том, что о собственных частотах колебания молекул вещества судят по частотной зависимости спектров поглощения электромагнитных волн. Аналогично этому, для нахождения характерных частот флуктуаций поляризации среды можно исследовать поглощение внешнего электромагнитного поля, характеризуемого частотой ω и волновым числом k (волновое число связано с длиной волны λ соотношением: $k = \frac{2\pi}{\lambda}$). Практически на опыте измеряется т. н. комплексная диэлектрическая проницаемость $\epsilon(\omega, k)$, мнимая часть которого $I_m \epsilon(\omega, k)$ характеризует поглощение внешнего поля с частотой ω и волновым числом k . Такие измерения позволяют найти характерные частоты флуктуаций поляризации среды, а также амплитуды флуктуации или, точнее, силы осцилляторов, характеризующих число осцилляторов среды с данной частотой ω и данным волновым числом k .

Как было показано в ряде работ (см. например [1, 2]), все кинетические параметры реакции, зависящие от состояния полярной среды, можно выразить, если для данной среды экспериментально известна мнимая часть комплексной диэлектрической проницаемости, зависящая от частоты и длины волны внешнего поля. Описанная выше методика, называемая диэлектрическим формализмом, фактически сводится к тому, что среда рассматривается, как набор

гармонически колеблющихся осцилляторов, частоты колебаний которых совпадают с теми частотами внешнего поля ω , которые поглощаются средой, а число осцилляторов определяется величиной мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости. Физическая природа взаимодействия активного центра с неполярной частью макромолекулы является более сложной, по сравнению с взаимодействием с полярной частью. В отличие от последнего, которое всегда имеет дальнедействующую электростатическую природу, характер взаимодействия активного центра с неполярной частью существенно зависит от структуры контактов активного центра с остальной частью макромолекулы. Колебания плотности макромолекулы через область контактов могут «накачивать» энергию в активный центр [3]. При количественном рассмотрении процесса необходимо учитывать конкретный характер того или иного класса соединений и реакций. Поэтому, физическую природу влияния неполярной среды мы проиллюстрируем ниже на примере простой модельной ферментативной реакции.

Как показывают экспериментальные исследования [4], при образовании фермент-субстратного комплекса молекула субстрата входит в некоторую полость в макромолекуле фермента и оказывается в окружении белковой части фермента. Активный центр фермента соединен с белком так называемыми σ -связями. Если в активный центр входит кофактор-кофермент, простетическая группа или ион переходного металла, то колебания плотности, возникающие в белковой части фермента (в апоферменте) могут передаваться прочными σ -связями кофактору, возбуждая колебание ядер, входящих в состав кофактора. Таким образом, осуществляется сильная связь между колебаниями плотности макроскопической части фермента и внутримолекулярными колебаниями кофактора. В результате, энергия электронной подсистемы кофактора будет изменяться благодаря флуктуации плотности апофермента, обеспечивая выполнение условий принципа Франка-Кондона, т. е. выравнивание энергий электронной подсистемы фермент-субстратного комплекса в начальном и конечном состояниях. Также как и в случае рассмотрения влияния полярной среды, указанный выше механизм может быть описан с помощью поверхностей потенциальной энергии. При исследовании кинетики конкретных реакций существенно учесть, что как в начальном, так и в конечном состояниях могут существовать несколько электронных термов. Необходимо учесть также, что различным электронным состояниям активного центра могут соответствовать

разные равновесные конфигурации ядер активного центра и, вследствие сильного взаимодействия последних с апоферментом, равновесная конфигурация апофермента также может быть различной, при разных электронных состояниях. То обстоятельство, что конфигурация фермента может существенно изменяться в зависимости от электронного состояния кофермента, в настоящее время можно считать установленным (убедительная структурная картина таких перестроек уже предложена для гемоглобина [5]).

При количественном описании флуктуации плотности макромолекулы можно использовать такой же феноменологический подход, который был использован при описании поляризационного состояния среды. В частности, для определения характерных частот и амплитуд флуктуаций плотности макромолекулы, можно использовать метод поглощения звуковых волн с различными частотами ω и волновыми числами k . При таком рассмотрении неполярную среду также можно рассматривать как набор гармонических осцилляторов с характерными частотами ω , на которых происходит поглощение звука.

При создании количественной модели среды, как полярной, так и неполярной, можно использовать те же самые спектроскопические методы, что и в физике конденсированных сред для определения колебательного энергетического спектра. Существенная разница, однако, состоит в том, что в отличие от идеальных кристаллов и однородных жидкостей, макромолекула, как среда протекания реакции, является заведомо неоднородной.

Л и т е р а т у р а

1. Догонадзе Р. Р., Кузнецов А. М. Итоги науки, сер. физическая химия, кинетика, т. 2, ВИНТИ, М., 1973.
2. Урушадзе З. Д., Хидурели В. К. В сб.: «Биохимия растений», изд-во «Мецниереба», Тбилиси, 1973.
3. Волькенштейн М. В., Догонадзе Р. Р., Мадумаров А. К., Урушадзе З. Д., Харкац Ю. И. Молекулярная биология, 6. 431, 1972.
4. Perutz, M. Proc. Roy Soc., B 167, 483, 1967.
5. Perutz, M. Nature. 228, 726, 1970.



УДК 536.2.01

И. С. ГАПРИНДАШВИЛИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА В САДУ С УЧЕТОМ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Как известно, элементами теплового баланса являются: поток тепла в почву, турбулентный поток тепла в воздух и поток тепла на испарение. Они имеют вид:

$$B(t) = \lambda_0 \left. \frac{\partial T(z,t)}{\partial z} \right|_{z=0} \quad (1)$$

$$P(t) = -C_p \rho k(z) \frac{\partial T(z,t)}{\partial z} \quad (2)$$

$$LE(t) = -LC_p k(z) \frac{\partial q(z,t)}{\partial z} \quad (3)$$

Где λ_0 — коэффициент теплопроводности почвы;

$k(z)$ — коэффициент турбулентного обмена;

ρ — плотность воздуха;

C_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении;

$T(z, t)$ — температура почвы ($z < 0$) и воздуха ($z > 0$).

Представим $T(z, t)$ как в [1] в виде суммы

$$T(z,t) = T^{(0)}(z,t) + T^{(1)}(z,t) \quad (4)$$

Где $T^{(0)}(z, t)$ — температура при постоянных метеорологических параметрах, а $T^{(1)}(z, t)$ — поправка при их изменении во времени.

Подставим (4) в (1), тогда

$$B^{(0)}(t) + B^{(1)}(t) = \lambda_0 \left. \frac{\partial T^{(0)}(z,t)}{\partial z} \right|_{z=0} + \lambda_0 \left. \frac{\partial T^{(1)}(z,t)}{\partial z} \right|_{z=0}$$

и следовательно

$$B^{(0)}(t) = \lambda_0 \left. \frac{\partial T^{(0)}(z, t)}{\partial z} \right|_{z=-0} \quad (5)$$

$$B^{(1)}(t) = \lambda_0 \left. \frac{\partial T^{(1)}(z, t)}{\partial z} \right|_{z=-0} \quad (6)$$

Разложим

$T^{(0)}(z, t)$, $T^{(1)}(z, t)$, $B^{(0)}(t)$ и $B^{(1)}(t)$ в ряд Фурье:

$$T^{(0)}(z, t) = T_0^{(0)}(z) + \sum_{j=1}^{\infty} [T_j^{(0)}(z) \cos \omega_j t + \bar{T}_j^{(0)} \sin \omega_j t] \quad (7)$$

$$T^{(1)}(z, t) = T_0^{(1)}(z) + \sum_{j=1}^{\infty} [T_j^{(1)}(z) \cos \omega_j t + \bar{T}_j^{(1)} \sin \omega_j t] \quad (8)$$

$$B^{(0)}(t) = b_0^{(0)} + \sum_{j=1}^{\infty} [b_j^{(0)} \cos \omega_j t + \bar{b}_j^{(0)} \sin \omega_j t] \quad (9)$$

$$B^{(1)}(t) = b_0^{(1)} + \sum_{j=1}^{\infty} [b_j^{(1)} \cos \omega_j t + \bar{b}_j^{(1)} \sin \omega_j t] \quad (10)$$

Из уравнений (5) — (10) вытекают следующие равенства:

$$b_0^{(0)} = \lambda_0 \left. \frac{dT_0^{(0)}(z)}{dz} \right|_{z=-0} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} b_j^{(0)} &= \lambda_0 \left. \frac{dT_j^{(0)}(z)}{dz} \right|_{z=-c} \\ \bar{b}_j^{(0)} &= \lambda_0 \left. \frac{dT_j^{(0)}(z)}{dz} \right|_{z=-0} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$b_0^{(1)} = \lambda_0 \left. \frac{dT_0^{(1)}(z)}{dz} \right|_{z=-0} \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} b_j &= \lambda_0 \left. \frac{dT_j^{(1)}(z)}{dz} \right|_{z=-0} \\ \bar{b}_j &= \lambda_0 \left. \frac{d\bar{T}_j^{(1)}(z)}{dz} \right|_{z=-} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Известно, что [3]



$$\left. \begin{aligned} T_0^{(0)} &= \varphi_0^{(0)} + (\varphi_0^{(0)} - T_h) \\ T_j^{(0)}(z) &= \varphi_j A_j(z) - \bar{\varphi}_j \bar{A}_j(z) \\ T_j^{(0)}(z) &= \varphi_j \bar{A}_j(z) + \bar{\varphi}_j A_j(z) \end{aligned} \right\}$$

Где φ_0 — температура поверхности и T_h — температура почвы на глубине $z = -h$. Для $b_0^{(0)}$, $b_j^{(0)}$ и $\bar{b}_j^{(0)}$ получаем из (11), (12):

$$b_0^{(0)} = \frac{\lambda_0}{h} (\varphi_0^{(0)} - T_h) \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} b_j^{(0)} &= \varphi_j^{(0)} \beta_j - \bar{\varphi}_j^{(0)} \bar{\beta}_j \\ \bar{b}_j^{(0)} &= \varphi_j^{(0)} \bar{\beta}_j + \bar{\varphi}_j^{(0)} \beta_j \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Где

$$\left. \begin{aligned} \beta_j &= \frac{\lambda_0}{a} \sqrt{\frac{i\omega}{2}} \\ \bar{\beta}_j &= -\frac{\lambda_0}{a} \sqrt{\frac{i\omega}{2}} = -\beta_j \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

и где α — коэффициент температуропроводности почвы, ω — угловая скорость вращения земли, i — номер гармоники,

По [2]

$$\begin{aligned} T_0^{(0)}(z) &= \left[\varphi_0^{(0)} - \frac{\tilde{a}_1}{2} \varphi_1^{(0)} - \frac{b_1}{2} \bar{\varphi}_1^{(0)} \right] \left(1 + \frac{z}{h} \right) + \\ &+ \frac{\tilde{a}_1}{2} T_1^{(0)}(z) + \frac{\tilde{b}_1}{2} \bar{T}_1^{(0)}(z) \end{aligned} \quad (19)$$

и из (13) получаем:

$$b_0^{(1)} = \frac{\lambda_0}{h} \left(\varphi_0^{(1)} - \frac{1}{2} f_1 \right) + \frac{1}{2} \left[\tilde{a}_1 b_1^{(0)} + \bar{b}_1 \bar{b}_1^{(0)} \right] \quad (20)$$

Применяя решения для $T_1^{(1)}$, $\bar{T}_1^{(1)}$, $T_2^{(1)}$, и $\bar{T}_2^{(1)}$ той же работы аналогично получаем

$$\left. \begin{aligned} b_1^{(1)} &= (\varphi_1^{(1)} - U_2) \beta_1 - (\bar{\varphi}_1^{(1)} - \bar{U}_2) \bar{\beta}_1 + \tilde{a}_1 b_2^{(0)} + \tilde{b}_1 b_2^{(0)} \\ \bar{b}_1^{(1)} &= (\varphi_1^{(1)} - U_2) \bar{\beta}_1 - (\bar{\varphi}_1^{(1)} - \bar{U}_2) \beta_1 + \tilde{a}_1 \bar{b}_2^{(0)} - \tilde{b}_1 \bar{b}_2^{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

$$b_2^{(1)} = \left(\varphi_2^{(1)} + \frac{1}{2} f_1 \right) \beta_2 - \left(\bar{\varphi}_2^{(1)} - \frac{1}{2} \bar{f}_1 \right) \bar{\beta}_2 - \frac{1}{2} \tilde{a}_1 b_2^{(0)} + \frac{1}{2} \tilde{b}_1 b_2^{(0)} \quad (22)$$

$$\bar{b}_2^{(1)} = \left(\varphi_2^{(1)} + \frac{1}{2} f_1 \right) \bar{\beta}_2 + \left(\bar{\varphi}_2^{(1)} - \frac{1}{2} \bar{f}_1 \right) \beta_2 - \frac{1}{2} \tilde{a}_1 \bar{b}_1^{(0)} - \frac{1}{2} \tilde{b}_1 b_1^{(0)}$$

Здесь U_2 , \bar{U}_2 , f_1 , и \bar{f}_1 определены формулами:

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= \tilde{a}_1 \varphi_2^{(0)} + \tilde{b}_1 \bar{\varphi}_2^{(0)} \\ \bar{U}_2 &= \tilde{a}_1 \bar{\varphi}_2^{(0)} - \tilde{b}_1 \varphi_2^{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= \tilde{a}_1 \varphi_1^{(0)} - \tilde{b}_1 \bar{\varphi}_1^{(0)} \\ \bar{f}_1 &= \tilde{a}_1 \bar{\varphi}_1^{(0)} + \tilde{b}_1 \varphi_1^{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Таким образом, с помощью формул (20), (21) и (22) определяется поправка $B^{(1)}(t)$ и тем самым поток тепла в почву $V(t)$. По аналогии (5) и (6), исходя из (2), напишем турбулентный поток тепла в воздух

$$P(z, t) = P^{(0)}(z, t) + P^{(1)}(z, t) \quad (25)$$

$$P^{(0)}(z, t) = -C_p \rho k(z) \frac{\partial T^{(0)}(z, t)}{\partial z} \quad (26)$$

$$P^{(1)}(z, t) = -C_p \rho k(z) \frac{\partial T^{(1)}(z, t)}{\partial z} \quad (27)$$

Применяя решение для температуры воздуха в саду и над ним [2], а именно:

$$T_0^{(0)}(z) = \varphi_0^{(0)} + \begin{cases} \frac{d_0^{(0)} z_1 \ln \frac{z}{z_0}}{K_1} & \text{при } z \leq H \\ \frac{d_0^{(0)} z_1 \ln \frac{H}{z_0}}{K_1} & \text{при } z > H \end{cases} \quad (28)$$

поступая аналогично, после простых, но довольно громоздких вычислений получаем

$$P_0^{(0)} = \frac{1}{2} \tilde{K}_1 P_1^{(0)}(z) + \frac{1}{2} \tilde{m}_1 \bar{P}_1^{(0)}(z) + \begin{cases} C_{p\rho} d_0^{(1)} & \text{при } z \leq H \\ 0 & \text{при } z > H \end{cases} \quad (29)$$

$$\left. \begin{aligned} P_1^{(1)}(z) &= \Gamma_1(z) + \tilde{K}_1 P_2^{(0)}(z) + \tilde{m}_1 P_2^{(0)}(z) \\ \bar{P}_1^{(1)}(z) &= \Gamma_1(z) + \tilde{K}_1 P_2^{(0)}(z) - \tilde{m}_1 P_2^{(0)}(z) \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

$$\left. \begin{aligned} P_2^{(1)}(z) &= \Gamma_2(z) - \frac{1}{2} \tilde{K}_1 P_1^{(0)}(z) + \frac{1}{2} \tilde{m}_1 P_1^{(0)}(z) \\ P_2^{(1)}(z) &= \Gamma_2(z) - \frac{1}{2} \tilde{K}_1 P_1^{(0)}(z) - \frac{1}{2} \tilde{m}_1 P_1^{(0)}(z) \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

где

$$P_j^{(0)} = \frac{C_{p\rho} K_1}{2z_1} [\varphi_j^{(0)} W_j(z) - \bar{\varphi}_j^{(0)} \bar{W}_j(z)] + \begin{cases} -C_{p\rho} [d_j^{(0)} K_j(z) - \bar{d}_j^{(0)} \bar{K}_j(z)] & \text{при } z \leq H \\ C_{p\rho} [d_j^{(0)} H_j(z) - \bar{d}_j^{(0)} \bar{H}_j(z)] & \text{при } z > H \end{cases} \quad (32)$$

$$P_j^{(0)} = \frac{C_{p\rho} K_1}{2z_1} [\varphi_j^{(0)} W_j(z) + \bar{\varphi}_j^{(0)} \bar{W}_j(z)] + \begin{cases} -C_{p\rho} [d_j^{(0)} \bar{K}_j(z) + \bar{d}_j^{(0)} K_j(z)] & \text{при } z \leq H \\ C_{p\rho} [d_j^{(0)} \bar{H}_j(z) + \bar{d}_j^{(0)} H_j(z)] & \text{при } z > H \end{cases} \quad (33)$$

Здесь $W_j(z)$, $K_j(z)$, $H_j(z)$ и их сопряженные являются Беселевыми функциями известных параметров, от которых зависят $\Gamma_1(z)$, $\bar{\Gamma}_1(z)$, $\Gamma_2(z)$, $\bar{\Gamma}_2(z)$.

Таким образом, с помощью формул (29) — (37) определяются фурье-коэффициенты $P_0^{(1)}$, $P_j^{(1)}$ и $\bar{P}_j^{(1)}$ при $i=1,2$, далее поправка $P^{(1)}$, (z, t) и наконец турбулентный поток тепла в воздух.

Как известно [3], влажность $q(z, t)$ получается простым умножением температуры на величину $f_0 g_0$, поэтому поток тепла на испарение сразу определяется из формулы $P(t)$ заменами $q(z, t)$ на $f_0 g_0 T(z, t)$ ρ на L .

Литература



1. Гаприндашвили И. С. Расчет температурного режима с учетом и изменения коэффициента температуропроводности по времени. Труды Груз. СХИ, т. ХСVI, 1976.
 2. Гаприндашвили И. С. Исследование температурного и влажностного поля воздуха в саду с учетом временных изменений метеорологических параметров. Тр. Груз. СХИ, т. ХСVIII, 1978.
 3. Гаприндашвили И. С., Чудновский А. Ф. О возможном подходе к количественной оценке влияния растений на тепло- и влагообмен в почве и в воздухе. Сб. тр. АФИ, № 23, 199, Гидрометеоздат.
-



УДК 331, 827

ა. ჯიგაძე, რ. ცაგარელი

**შრომის პირობების გაუმჯობესება მარცხლის ანგაზი CK-4 კომბაინზე
მუშაობის დროს**

ლ. ი. ბრეჯნევიძე სსრ კავშირის პროფესიული კავშირების XVI ყრილობაზე აღნიშნა: „მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის მშენებლობის და ტრანსპორტის ტექნიკური განახლება, რასაც უდრდესი თანხები ხმარდება. პარტიას მშრომელთა პირობების გაუმჯობესების, ყველა წარმოების უსაფრთხო, ადამიანისათვის მოსახერხებელ სამუშაო უბნად გადაქცევის გადამწყვეტ საშუალებად მიაჩნია. ჩვენი მიზანი შეიძლება ასე ჩამოვაყალიბოთ: უსაფრთხოების ტექნიკიდან უსაფრთხო ტექნიკისაკენ. ჩვენ ამ გზას დავადექით და განუხრელად ვცვლით ამ გზით“¹.

როგორც ცნობილია, მარცხლის ამღებ კომბაინ CK-4-ზე მომუშავე კომბაინერის (ოპერატორის) შრომის არსებული პირობები დღემდე სათანადოდ არ არის შესწავლილი, ამდენად ჩვენ მიერ 1976—1977 წწ. შესწავლილი იქნა ჯამური საშიშროება და კომბაინერის შრომის პირობებზე მოქმედი ერგონომიკური ფაქტორები.

უსაფრთხოება და შრომის პირობები, როგორც საწარმოო პროცესის აუცილებელი ელემენტი განისაზღვრება მრავალი ფაქტორით, მაგრამ ობიექტის (კომბაინის) შეფასებისადმი საერთო მეთოდური მიდგომა (შრომის პირობების ჩათვლით) ჯერჯერობით არ არსებობს.

უკანასკნელ დროს ადამიანი-მანქანა განიხილება როგორც ერთიანი სისტემა, ამიტომ ობიექტის ჯამური საშიშროების შეფასებისას, ჩვენ მარცხლის ამღებ კომბაინს და კომბაინერს განვიხილავთ როგორც ერთობლივ სისტემას. ეს საშუალებას მოგვცემს ადამიანი-მანქანა სისტემის შესწავლისას გამოვიყენოთ მეთოდები, რომლებმაც ფართო გავრცელება პოვეს ავტომატური რეგულირების თეორიაში.

¹ ლ. ი. ბრეჯნევის სიტყვა პროფკავშირის XVI ყრილობაზე, გაზ. კომუნისტი 122.03.77, № 67.

კომბაინერს უხდება მიიღოს და გადაამუშაოს ინფორმაციის დიდი ნაკადი, იმისათვის რომ ობიექტის პარამეტრის მნიშვნელობები ოპტიმალურ რეჟიმში შეინარჩუნოს. ასეთი პარამეტრები მარცვლის ამლებ კომბაინებში საკმაოდ დიდია. მაგრამ კომბაინის მართვის შესაძლებლად უხდება მართვები თითქმის არ არსებობს, გარდა ამისა, ობიექტზე (კომბაინის მართვის ობიექტზე) (ხორბლის ტენიანობა, ჩალიანობა, მიკრორელიეფი, დასარევიანება), ხოლო ოპერატორზე გავლენას ახდენს ჰიგიენური პირობები (ხმაურის დონე, მაღალი სიხშირის ვიბრაცია, დაბალი სიხშირის მბიძგავი რხევების აჩქარება, მიკროკლიმატი და ა. შ.). ეს იწვევს მუშაობის რეჟიმის დარღვევას, ეს თავის მხრივ იწვევს მთლიანად აგრეგატის მწარმოებლობის შემცირებას და მოსალოდნელ უბედურ შემთხვევათა გაზრდას. ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე შრომის პირობების გამოკვლევა ვაწარმოეთ სამი მიმართულე-ბით: ტრავმატიზმის ანალიზი უბედურ შემთხვევების აქტების საფუძველზე; ოპერატორის (კომბაინერის) მუშაობის ქრონომეტრაჟი; შრომის ჰიგიენური პირობების ანალიზი.

ტრავმატიზმის ანალიზი უბედური შემთხვევების აქტების მიხედვით საშუალებას გვაძლევს გამოვავლინოთ სისტემის მუშაობის ძირითადი ელემენტები, რომელთა შესრულება იწვევს ოპერატორის ტრავმირებას.

ტრავმატიზმის სიხშირის კოეფიციენტი ხორბლის ამლებ CK-4 კომბაინზე მუშაობის დროს საკმაოდ მაღალია (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

უბედურ შემთხვევათა განაწილება მუშაობის ელემენტების მიხედვით

ს ა მ უ შ ა ო	უბედური შემთხვევის სახე	უბედური შემთხვევების რაოდენობა მისი საერთო რაოდენობიდან		
		1975	1976	1977
1	2	3	4	5
ძირითადი	დაჯახება	10,1	18,8	22,0
	გადაბრუნება	9,7	11,3	13,2
კომბაინების გადარბენა (უქში გადასვლები)	გადაბრუნება	14,2	11,5	9,4
კომბაინის მომსახურება მუშაობის დროს, სამუშაო პროცესის დარღვევა	დაჯახება	8,5	8,7	9,1
	შნეკით ჩათრევა	21,2	18,3	14,4
რემონტი და რეგულირება მინდვრად	მბრუნავი ლეტალებით დაშვება	1,8	5,3	2,3
	დაჯახება კომბაინით ან სამკალით ლეტევა	6,8	6,3	5,2
	მბრუნავი ნაწილებით დაშვება	4,6	2,1	7,2
		8,3	7,2	6,6

ოპერატორის ტრავმირება უმთავრესად ზდება ძირითადი სამუშაოებზე-
სა და კომბაინის გადაბრუნვის დროს ერთი ადგილიდან მეორეზე (დაახლო-
ებით 42—45%).

ტრავმების ძირითად მიზეზებად უნდა ჩაითვალოს კომბაინის კონსტრუქციის შეუსაბამებლობა, ოპერატორის მუშაობის თავისებურებისადმი განსაკუთრებით მთავორიან პირობებში მუშაობის დროს კომბაინის დახრის კუთხის მაჩვენებელი ინდიკატორის უქონლობა და სხვ.

კომბაინის გადაბრუნების შემთხვევებს ადგილი აქვს ფერდობის განივი მიმართულებით მუშაობის დროს, როცა მარცვლის შემგროვებელი ბუნკერი მოქცევა დახრის მიმართულებით.

დიდია აგრეთვე ტრავმირების რაოდენობა კომბაინის მუშაობის პროცესში მომსახურების დროს: სამუშაო ორგანოების გაწმენდისას ეს გამოწვეულია იმით, რომ კომბაინს არ გააჩნია მოწყობილობა ოპტიმალურ რეჟიმზე მუშაობისათვის.

მაშასადამე, აგრეგატის უსაფრთხოების ჯამური შეფასების დროს აუცილებელია გავითვალისწინოთ აგრეგატის მართვის ავტომატიზაციის მოცულობა და მარეგულირებელი ზემოქმედების და ინფორმაციის ნაკადის შეთავსება ადამიანის შესაძლებლობებთან.

საშინი სისტუაციების ქრონომეტრაჟი: ავტომატური რეგულირების თეორიის ანალოგიურად განვიხილოთ საშინი სიტუაციები, რომლებიც წარმოიქმნენ სისტემის მუშაობისას ავარიული რეჟიმებით. ბუნებრივია, რომ სისტემის მმართველი რგოლი ოპერატორია, რომელიც ამ შემთხვევაში განიცდის დიდ ფსიქოლოგიურ დატვირთვას ჩატარებული იყო საშინი სიტუაციების ქრონომეტრაჟი (ცხრ. 2).

ამრიგად, ობიექტის ჯამური საშინოების შეფასებისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ საშინი სიტუაციების რაოდენობა, მათი ხანგრძლივობა და გამომწვევი მიზეზები.

ხორბლის ამღები კომბაინის მართვის ოპერაციების ქრონომეტრაჟი ჩავატარეთ ორი ზერხით. ქრონომეტრაჟი წამმზომის საშუალებით და ფოტოგრაფირება აპარატ „კრასნოგორსკით“. გადაღებებს ვაწარმოებდით 10-ჯერ ცვლაში. 5-წუთის განმავლობაში, მიღებულმა მონაცემებმა დაგვანახა, რომ გარდა კომბაინის სწორხაზობრივი მოძრაობის უზრუნველსაყოფად საჭირო ოპერაციებისა კომბაინერი ახორციელებს 180 მართვის ზემოქმედებას, რომელთა ნახევარზე მეტი მოდის კომბაინის ოპტიმალურად დატვირთვის უზრუნველყოფაზე (ცხრ. 3).

მართვის ზემოქმედების განაწილება



1	ჩართების რაოდენობა საათში		
	მინიმალური	მაქსიმალური	სტატისტიკური
2	3	4	
ჩართვის ქუროს ჩართვა	9	60	30
სინქარების ვაღართვა	9	35	20
სამკალი აპარატის დაშვება	30	110	50
სამკალი აპარატის აწევა	36	72	40
სალეწი აპარატის ჩართვა	3	5	4
სალეწი აპარატის გამორთვა	2	8	4
ტარაბუხს დაშვება	2	5	3
შემგროვებლის ავტომატის ჩართვა	8	16	10
ტარაბუხს აწევა	2	6	3
ძრავას მართვა	4	20	10
ვარიატორის სინქარის შეცვლა	1	15	5

ამრიგად, ობიექტის საშიშროებების (უსაფრთხოების) ჯამური შეფასებისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ მართვითი ზემოქმედების რაოდენობა და მათი ეფექტურობის დონე ობიექტის მუშაობის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმის შესანარჩუნებლად.

შრომის ჰიგიენური პირობები არსებით ზეგავლენას ახდენენ ადამიანის ორგანიზმზე. ამას მიეყვარება იქამდე, რომ ზოგიერთი მისი ფუნქციონირება ან ირღვევა, მკვენე საწარმოო ფაქტორების ხანგრძლივი მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე იწვევს ზოგიერთი შეგარძნების ორგანოების ფუნქციონალურ დარღვევებს და გადადის ცალკეული ორგანოების დაავადებაში, რაც იწვევს ოპერაციების სიზუსტის დაქვეითებას, მწარმოებლობის შემცირებას, ტექნოლოგიური პროცესის დარღვევას და მოსალოდნელი უბედური შემთხვევების შესაძლო ზრდას.

ობიექტის (კომბაინის) ჯამური საშიშროების განსაზღვრის დროს ვაწარმოეთ მერყევი ძალების ადამიანზე ზემოქმედების გაზომვა მუშაობის რეჟიმზე დამოკიდებულებით.

ჩვენ მიერ აგრეთვე შესწავლილი იქნა ზორბლის ამღებ კომბაინი CK-4 მუშაობის დროს მაღალი სიხშირის ვიბრაციები. ვიბრაციებს ვზომავდით მართვის ბერკეტებზე და მუშა პანელებზე. გაზომვები ვაწარმოეთ „ბრიუსლის და კერის“ ფირმის აპარატურით (ხმაურმზომი 2209, ოქტაური ფილტრი 1 613, ინტეგრატორი 0020, გადამწოლი 4315). გამოიკვია, რომ მაღალი

სიხშირის ვიბრაციების დონეები აჭარბებენ ზღვრულ დასაშვებ სიდიდეებს და იზრდება კომბაინის სიჩქარის და გასალეწი მასის მიწოდების ზრდასთან ერთად (ცხრ. 4).

ერევნული
ბიზნესცენტრი

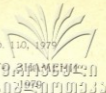
ვიბრაციების საშუალო-კვადრატული სიდიდეები სმ/წმ

კომბა- ინი	მუშაობის რეჟიმი	ვაზომვის აღგლი	საშუალო-კვადრატული სიხშირე, ჰ/ც					
			31,5	63	125	250	500	1 000
			ვიბრაციის დასაშვები ნორმები, სმ/წმ					
			3,5	2,5	1,8	1,2	0,9	0,63
CK-4	სალეწი ჩართულია	საქე	1,61	1,02	0,26	0,12	—	—
		იატაკი	14,8	4,60	1,46	1,58	0,28	0,19
		სალეწის ჩასართველი ბერკეტი	37	14,80	5,80	2,90	0,91	0,13
		გამანაწილებლის ბერკეტი	3,2	1,30	0,41	0,921	0,065	0,052

ხმაური კომბაინერის სამუშაო ადგილზე გავზომეთ ძრავას მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმზე. დავადგინეთ, რომ ხმაურის დონე იზრდება ძრავას ბრუნთა რიცხვის ზრდასთან ერთად, როცა კომბაინი გაჩერებულია და მუშა ორგანოები გამორთულია, სალეწი აპარატის ჩართვის შემთხვევაში, ხმაურის დონე მნიშვნელოვნად გაიზარდა.

პირდაპირი კომბაინებით მოსავლის აღების დროს, როცა აგრეგატის მოძრაობის სიჩქარე იზრდება და მატულობს კომბაინის დატვირთვა, ხმაურის დონე საგრძნობლად იზრდება და 2000 ჰც სიხშირეზე აღწევს 110 დბ, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება ზღვრულ დასაშვებ ნორმებს.

გამოკვლევის შედეგად უნდა დავასკვნათ, რომ ობიექტის (კომბაინის) ჯამური საშიშროების შეფასებისას უნდა გავითვალისწინოთ ხმაურისა და ვიბრაციების დონე, რომლებიც წარმოიქმნება კომბაინის სრული დატვირთვით მუშაობის დროს.



УДК 631.31

ი. იოგაშვილი

ახიზებრიული გუთან-გამაფხვიერებლის წონასწორობის პირობები

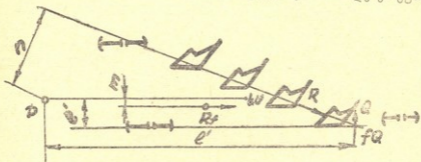
ხეხილის ბალებში დაცვის ზოლების დამამუშავებელი გუთან-გამაფხვიერებლის წონასწორობა საყრდენ სიბრტყეში გადამწყვეტი ღინამიკური ფაქტორია ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალურ მიმდინარეობაში.

გუთან-გამაფხვიერებლის წონასწორობა გულისხმობს გუთან-გამაფხვიერებელზე მოქმედი ძალების წონასწორობას მისი განლაგების ისეთ პირობებში, რომლებიც უზრუნველყოფენ ტექნოლოგიური პროცესის ნორმალურ მიმდინარეობას.

საერთოდ, მანქანა-იარაღის განლაგება მოქმედი ძალებისა და მოძრაობის მიმართულების მიმართ განაპირობებს მის სიმეტრიულობას. ამასთან სიმეტრიულობა შეიძლება იყოს გეომეტრიული ან ღინამიკური.

გეომეტრიული სიმეტრიულობა გულისხმობს მანქანა-იარაღის გეომეტრიული ზომებისა და მასის თანაბარ განაწილებას გრძივი სიმეტრიის ღერძის მიმართ, რომელიც ამავე დროს უნდა ემთხვეოდეს წამყვანი ძალის მიმართულებას. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მანქანა-იარაღის სიმძიმის ცენტრი, წამყვანი წერტილი, რომელზედაც მოდებულია წამყვანი ძალა და თვით ამ ძალის ვექტორი, უნდა მდებარეობდნენ გრძივი სიმეტრიის ღერძზე გამავალ შვეულ სიბრტყეში. ამასთან ერთად იგულისხმება, რომ მანქანა-იარაღზე მოქმედი წინალობის ძალები თანაბრად არიან განაწილებული მთელი მოდების განზე. იმ შემთხვევაში, როდესაც ეს პირობები დარღვეულია, წარმოიქმნება განივად მოქმედი ძალები, რომლებიც მანქანა-იარაღის მიმის წერტილის მიმართ აღძრავენ მობრუნ მომენტს. ამის შედეგად მანქანა-იარაღის სიმძიმის ცენტრი და წინალობის ძალების ტოლქმედის მიყენების წერტილი გამოდიან წამყვან წერტილზე გამავალ გრძივ-შვეულ სიბრტყიდან და წამყვანი ძალა გადადის მოძრაობის მიმართ განხრილ მდგომარეობაში. ამის გამო მანქანა-იარაღი ხდება ასიმეტრიული. ამასთან აღსანიშნავია, რომ გეომეტრიულად სიმეტრიული მანქანა-იარაღი მასის და წინალობის ძალების არათანაბარი გადანაწილებისა და გვერდიდან მიყენებული ძალის

გველენით, წამყვანი ძალის განხრის გამო, შეიძლება დინამიკურად ასიმეტრიული გახდეს; ანდა პირიქით, გეომეტრიულად ასიმეტრიული მანქანა-იარაღი განხრილი წამყვანი ძალის იმავე მიზეზებით, შემობრუნებისა და წამყვან წერტილზე გამავალ შვეულ სიბრტყესთან დამთხვევის შედეგად დინამიკურად სიმეტრიული ხდება. ამ უკანასკნელის ნათელსადაა ნათქვამი მოადგენს გეომეტრიულად ასიმეტრიული გუთანის მის სამუშაო ზედაპირზე მიყენებული მოძრაობის მიმართულების მიმართ განხრილი ძალების განივი მდგენელები წარმოქმნიან გუთანის მბრუნ მომენტს, რომლის გასაბათილებლადაც გუთანის კორპუსებს უყენებენ ველის ფიცრებს. ეს უკანასკნელები კვლის კედელზე დაწოლის შედეგად აღძვრენ რეაქციის ნორმალ და ხახუნის მხებ ძალებს. ამ ძალების მომენტები კი აბათილებენ გუთანის



ნახ. 1

მბრუნ მომენტს და გუთანი-ხდება დინამიკურად სიმეტრიული. ამ შემთხვევაში გუთანის წონასწორობის პირობა თარაზულ სიბრტყეში იქნება.

$$R_f m + Q e' + f_f Q e'' - R_{xy} n = 0. \quad (1)$$

სადაც R_f არის გუთანის გადაადგილების წინააღმდეგობის ძალა, განისაზღვრება დინამომეტრიკებით, ანდა იანგარიშება ცნობილი ფორმულით:

$$R_f = f_a C, \quad (2)$$

Q არის—ველის ფიცრებზე მიყენებული რეაქციის ძალა;

f — ველის ფიცრებზე მიყენებული ხახუნის ძალა;

R_{xy} — გუთანის კორპუსებზე მიყენებული სამუშაო წინააღმდეგობის ძალის თარაზული მდგენელი და იანგარიშება ცნობილი ფორმულით:

$$R_{xy} = \frac{\gamma K a B}{\sin(\gamma + \varphi)}; \quad (3)$$

m, e', e'' და n არის შესაბამისი ძალების მხები, გუთნის მიბმის წერტილის მიმართ;

C და f_2 — გუთნის წონა და მისი გადაადგილების კოეფიციენტი;

K — გუთნის კორპუსებზე მოსული წინალობის კოეფიციენტი;

a — ხენის სიღრმე;

B — გუთნის მოდების განი;

γ — სახნისის დაყენების კუთხე;

φ — ფოლადის ნიადაგზე ხახუნის კუთხე;

η — გუთნის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

ამ მომენტების გავლენით გუთანი ჩვეულებრივ განლაგებულია ტრაქტორის უკან, რაც ხეხილის ბაღებში დაცვის ზოლების დამუშავების დროს ხელსაყრელი არ არის, რადგანაც ხეხილის ძირებთან გუთნის ახლოს მიყვანის შემთხვევაში ტრაქტორი შეიჭრება ხეხილის ვარჯში და დააზიანებს მას. სასურველია, რომ ტრაქტორი მოძრაობდეს ვარჯის გარეთა ზოლში, ხოლო ნიადაგდამამუშავებელი მანქანა-იარაღი მოძრაობდეს ვარჯის ქვეშ.

ამისათვის კი საჭიროა წარმოიქმნას გუთნის ასეთი მამრუნი მომენტი, რომელიც მას გამოიყვანს ტრაქტორის შუბლა კონტურიდან და გადაადგილებს ვარჯის ქვეშ.

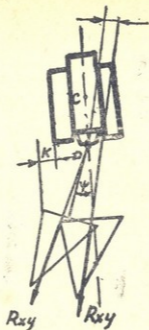
გუთნის ასეთი განლაგება შეიძლება ადვილად იქნეს განხორციელებული, თუ კი სისტემიდან მოვხსნით Qe' და fQe'' მომენტებს (1). ეს კი მიღწეული იქნება მაშინ, როდესაც კორპუსებზე გაუქმებული იქნება ველის ფიცრები. ამ შემთხვევის საწყის მომენტში გვექნება:

$$R_{yx}n - R_{xy}n \neq 0;$$

ხოლო მოქმედი წინალობის ძალების ტოლქმედი R_{xy} წარმოქმნის $R_{xy}n'$ მომენტს (ნახ. 2), რომელიც შემოაბრუნებს გუთანს მანამდე, ვიდრე R_{xy} ძალის მიმართულება არ გაივლის მიბმის D წერტილში, ე. ი. ვიდრე მისი მხარი n' არ გახდება ნულის ტოლი.

აქ, რადგანაც ველის ფიცრის რეაქციით გაბათილებული არ იქნა წინალობის ძალის განივი R_y მდგენელი, რომელიც წამყვან ძალას განხრის მოძრაობის მიმართულებიდან, ანუ ტრაქტორის გრძოვი სიმეტრიის ღერძიდან, გეომეტრიულად ასიმეტრიული გუთანი იქცევა დინამიკურადაც ასიმეტრიული.

ხეხილის ბაღებში დაცვის ზოლების დამუშავების დროს ასეთი მოვლენა არ არის უარყოფითი, რადგანაც ამ შემთხვევაში გუთანი გამოდის ტრაქტორის კონტურიდან რალაც K მანძილზე და შედის ხის ვარჯის ქვეშ, ისე, რომ ტრაქტორი რჩება ვარჯის გარეთ.



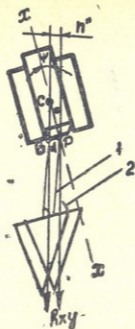
ნახ. 2

იმისათვის, რომ გუთანს შენარჩუნებული ჰქონდეს მოძრაობის მიმართულეებისაკენ ფრონტალური განლაგება, მასზე აყენებენ რადიალურ მისაბმელს (ნახ. 3,1), რომელსაც საჭირო კუთხით განხრის შემდეგ ამაგრებენ რკალზე (2).

ყოველივე ამის შემდეგ უკვე დამყარებული იქნება გუთანის წონასწორობა, რაც გამოიხატება ტოლობით:

$$R_{ym} - R_{xy}n = 0. \quad (4)$$

აგრეგატის წონასწორობისათვის გუთანის წონასწორობასთან ერთად, საჭიროა აგრეთვე ტრაქტორის წონასწორობაც, რისთვისაც გუთანის საერთო წინალობის ძალის თარაზული R_{xy} გეგმილის მიმართულეება უნდა გადაიოდეს ტრაქტორის დაწოლის ცენტრზე, ანუ მისი სიმძიმის ცენტრის თარაზულ C გეგმილზე (ნახ. 3), რომელიც ჩვეულებრივ მდებარეობს დაახლოებით ტრაქტორის გრძივი სიმეტრიის ღერძზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში აღნიშნულ ძალას C წერტილის მიმართ ექნება მხარი n'' , რის შედეგადაც წარმოიქმნება ტრაქტორის მაბრუნე მომენტი. ამ მავნე მომენტის გასაუქმებლად საჭიროა მისი n'' მხარი დავიყვანოთ ნულამდე, რაც შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუკი გუთანის მიბმის წერტილს გადავიტანთ (D)



ნახ. 3

წერტილიდან (B) წერტილში. მასში (R_{xy}) ძალის მიმართულება გაივლის C წერტილში და ტრაქტორის მბრუნე მომენტი გახდება ნულის ტოლი.

აქედან გამომდინარე BCD სამკუთხედიდან შეგვიძლია დავწეროთ ტრაქტორის წონასწორობის პირობა:

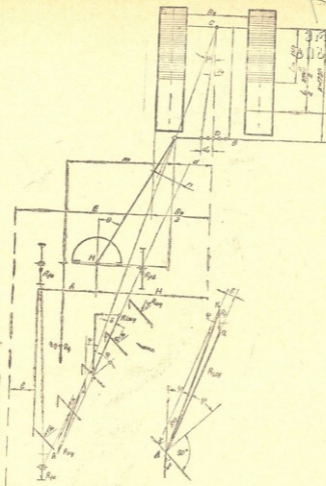
$$\operatorname{tg} \psi = \frac{d}{C}; \quad (5)$$

სადაც ψ არის გუთნის წინაღობის ძალის R_{xy} თარაზული გეგმილის განხრის კუთხე ტრაქტორის სიმეტრიის XX ღერძიდან, ანუ მოძრაობის მიმართულებიდან.

C არის ტრაქტორის დაწოლის (C) ცენტრის დაშორება მისაბმელი BD ძელიდან;

d — მისაბმელი B წერტილის დაშორება ტრაქტორის გრძივი XX სიმეტრიის ღერძიდან.

აქ C მანძილი მოცემული ტრაქტორისათვის ცნობილ მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს, ხოლო d მანძილი კონკრეტული პირობებისათვის დამოკიდებულია საერთო წინაღობის ძალის განხრის ψ კუთხეზე. ამ კუთხის განსაზღვრისათვის განვიხილოთ ასიმეტრიული გუთან-გამაფხვიერებელი,



ნახ. 4

რომლის სქემა (ნახ. 4) ანალოგიურია ბალის გუთნისა, ზოლო განსხვავებულია მისგან სამუშაო ორგანოს აგებულებით. კერძოდ გუთნის ტანისაგან განსხვავებით მას აქვს მარტო სახნისი, ზოლო დგარის მაგიერობას ასრულებს შვეულ გრძივ სიბრტყეში დაყენებული უკან გადახრილი დანა. ამრიგად იგი წარმოადგენს ცალმხრივ ბრტყლად მჭრელ ღრმა გამაფხვიერებელ თათს, რომელიც ნიადაგს ამუშავებს ბელტის გადაბრუნების გარეშე.

გუთან-გამაფხვიერებლის სქემის (ნახ. 4) გამარტივებისათვის ვლებულობთ დაშვებას, რომ სახნისების გადაფარვის ზოლში და დანით ჭრის სიბრტყეში წინაღობის ძალები თანაბარია. ამასთან, სახნისის სამუშაო ზე-

დაპირის ერთგვაროვნების გამო, მასზე მიყენებული წინაღობის ელემენტარული ძალები თანაბრადაა განაწილებული. ამის საფუძველზე შეგვიძლია წინაღობის ძალა ნივთიერების სახნისის მოდების განის შუაგულში მთავარი წინაღობა ნიადაგის კრაზე მოდის, ვუშვებთ, რთული წინაღობის ძალა მიყენებულია სახნისის მკრელ პირზე.

გუთან-გამაფხვიერებლის წონასწორობის დროს სახნისებზე მიყენებული წინაღობის ძალების R_{bxy} ტოლქმედისა და გუთან-გამაფხვიერებლის გადაადგილების წინაღობის R_f ძალის მომენტების ტოლობის პირობიდან გამომდინარე R_{bxy} და R_f ძალების R_{xy} ტოლქმედის მიმართულება ვადის, როგორც მიბმის B წერტილში, ისე ტრაქტორის დაწოლის C ცენტრში. ამ პირობებში AKQ ძალთა მრავალგვერდიდან (ნახ. 4, ა) შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\frac{\sin \Psi}{R_{bxy}} = \frac{\sin \delta}{R_f}, \quad \text{სადაც } \delta = 90^\circ - \gamma - \varphi - \Psi,$$

მაშინ

$$\sin \Psi = \frac{R_{bxy}}{R_f} \sin[90^\circ - (\gamma + \varphi + \Psi)] = \frac{R_{bxy}}{R_f} \cos(\gamma + \varphi + \Psi);$$

სადაც

$$\cos[\Psi + (\gamma + \varphi)] = \cos \Psi \cos(\gamma + \varphi) - \sin \Psi \sin(\gamma + \varphi);$$

მაშინ

$$\sin \Psi = \frac{R_{bxy}}{R_f} [\cos \Psi \cos(\gamma + \varphi) - \sin \Psi \sin(\gamma + \varphi)]$$

$$\frac{R_f}{R_{bxy}} \cdot \frac{\sin \Psi}{\cos \Psi} = \cos(\gamma + \varphi) - \frac{\sin \Psi}{\cos \Psi} \cdot \sin(\gamma + \varphi);$$

$$\frac{R_f}{R_{bxy}} \cdot \operatorname{tg} \Psi = \cos(\gamma + \varphi) - \operatorname{tg} \Psi \cdot \sin(\gamma + \varphi);$$

$$\frac{R_f}{R_{bxy}} \operatorname{tg} \Psi + \operatorname{tg} \Psi \cdot \sin(\gamma + \varphi) = \cos(\gamma + \varphi);$$

$$\operatorname{tg} \Psi \left[\frac{R_f}{R_{bxy}} + \sin(\gamma + \varphi) \right] = \cos(\gamma + \varphi);$$

საბოლოოდ წონასწორობის ძირობა იქნება

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{\cos(\gamma + \varphi)}{\frac{R_f}{R_{1xy}} + \sin(\gamma + \varphi)}$$



უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნოლოგიური პროცესის შესრულებისას ტრაქტორ წონასწორობის პირობა არ არის საკმარისი შემდეგი მოსაზრებების გამო.

ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებისა და სამუშაო სიღრმის ცვალებადობის მიზეზით იცვლებიან φ, R_f და R_{1xy} , რაც იწვევს Ψ კუთხის ცვლას. ეს კი თავის მხრივ განაპირობებს γ კუთხის ცვლასაც. ამ გარდამავალ პროცესში (6) ტოლობა შეიძლება არ დაირღვეს, მაგრამ გარდა ამისა, საჭიროა Ψ კუთხის მუდმივობაც, რადგანაც ამ კუთხის სიდიდეზე დამოკიდებულია ტრაქტორთან გუთან-გამაფხვიერებლის მიბმის განმსაზღვრელი პარამეტრები, კერძოდ: მისაბმელის L სიგრძე მისი მოძრაობის მიმართულებიდან განხრის Θ კუთხე და მისი გუთან-გამაფხვიერებელთან მიბმის M წერტილის H დაშორება ტრაქტორის გრძივი სიმეტრიის ღერძიდან. ამ პარამეტრების მნიშვნელობებმა უნდა უზრუნველყონ გუთან-გამაფხვიერებლის მუშა ორგანოებისაგან ფესვთა სისტემის დაცვის ზოლის e სიგანე და ტრაქტორისაგან ვარჯის დაცვის ზოლის E სიგანე.

როგორც სქემიდან ჩანს, შეგვიძლია დავწეროთ ამ პარამეტრებს შორის შემდეგი საჭირო დამოკიდებულება:

$$L \sin \Theta = E + 0,5B - e - h - d; \quad (7)$$

სადაც h არის მისაბმელი ძელის გუთანთან მიბმის M წერტილის დაშორება განაპირა სახნისის ველისმხრივი ჩამონაჭრიდან.

აქ E, B, e და h მუდმივი სიდიდეებია და აღვნიშნოთ ერთი ასოთი, ე. ი.:

$$H = E + 0,5B - e - h;$$

რომელიც წარმოადგენს მისაბმელი ძელის უკანა ბოლოს დაშორებას ტრაქტორის სიმეტრიის ღერძიდან დაცვის ზოლების დადგენილი სიგანეების უზრუნველსაყოფად.

ამ მნიშვნელობისა და (5) ფორმულიდან d -ს მნიშვნელობის ჩასმის შემდეგ გვექნება:

$$L \sin \Theta = H - C \cdot \operatorname{tg} \Psi; \quad (8)$$

ამ ტოლობაში, როგორც C მუდმივი სიდიდეა, აგრეთვე მუდმივი უნდა იყოს H სიდიდეც. მაშინ, შეცვლილი Ψ კუთხის ობტიმალურ მნიშვნელობაზე დაყვანისათვის საჭირო იქნება მისაბმელის L სიგრძის ან მისი დაყენების Θ კუთხის შესაბამისი ცვლა. თუ დავუკვირდებით სქემას (ნახ.

4), დაენახავთ, რომ როგორც L-ის, ისე Θ -ს ცვალებადობა გამოიწვევს e-ს და E-ს ანუ H-ის ცვალებადობას, რაც დაუშვებელია. ამრიგად, ნათელი ხდება, რომ ასიმეტრიული სახისიანი გამაფხვიერებლის წინასწარობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა Ψ კუთხე გავხადოთ სტაბილური, რისთვისაც უნდა ვიმოქმედოთ მის განმსაზღვრელ პარამეტრებზე.

ჩავსვათ (8) ფორმულაში $tg\Psi$ -ის მნიშვნელობა (6) გამოსახულებიდან და გვექნება:

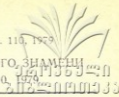
$$L \sin \Theta = H - C \frac{\cos(\gamma + \Phi)}{\frac{R_f}{R_{xy}} + \sin(\gamma + \Phi)} \quad (9)$$

როგორც ვხედავთ, გუთან-გამაფხვიერებლის გაწეულ მდგომარეობაში, გაწონასწორების პროცესში, მრავალი ფაქტორი ღებულობს მონაწილეობას, რომელთაგან ზოგიერთი მიმდინარე მომენტისათვის მუდმივად ჩაითვლება, ხოლო ზოგიერთი კი ცვლადი სიდიდეებია. კერძოდ, ძელის L სიგრძე, მისი განხრის ფიქსირებული Q კუთხე, ტრაქტორს დაწოლის C ცენტრის დაშორება მისაბმელი ძელიდან, მისაბმელის უკანა ბოლოს H-ის დაშორება ტრაქტორის სიმეტრიის ღერძიდან მუდმივი სიდიდეებია. ამათგან L და Θ დასაყენებელი სიდიდეებია, რომლებიც შეიძლება გაანგარიშებული იქნენ (9) ფორმულით, მოცემული კონკრეტული პირობებისათვის, სამუშაოს დაწყების წინ, იარაღის გასაწყობად.

აქედან ჩანს, რომ ტექნოლოგიური პროცესის რეგულირებისათვის ზემოქმედება უნდა მოვახდინოთ ჩაწევარის შემადგენელ პარამეტრებზე. თუ მივიღებთ, რომ Ψ -ის რეგულირების დასაშვები ცდომილების ფარგლებში γ კუთხე უმნიშვნელოდ შეიცვლება, ხოლო Φ კუთხის მცირე ცვალებადობას უგულველყოფთ, მაშინ სარეგულირებელ პარამეტრებად შეგვიძლია მივიღოთ R_f ან R_{xy} , ანდა ორივე ერთად.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გუთან-გამაფხვიერებლის ტრაქტორიდან განივი მიმართულებით გადანაცვლებისა და დაცვის ზოლებში შეტანისათვის, მისი სქემიდან გამორიცხული უნდა იყოს ველის ფიცრები, ხოლო ამ პირობებში განხრილი მოქმედი ძალების ტოლქმედით გამოწვეული ტრაქტორის მომბრუნებელი მომენტის მოსასპობად მიბმის წერტილი გადატანილი უნდა იქნეს განზე.

აგრეგატის წინასწარობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა დამყარებული იქნეს (8) ფორმულით გამოსახული დამოკიდებულება ტექნოლოგიური, კონსტრუქციული და დინამიკური ხასიათის ძირითად პარამეტრებს შორის. ეს ფორმულა გამოიყენება, აგრეთვე, გუთან-გამაფხვიერებლის სამუშაოდ გამზადებისას მისი დასაყენებელი პარამეტრების—მისაბმელის სიგრძისა და მისი განხრის კუთხის დასადგენად.



УДК 669.14:621.7/9

Т. Н. ГОЧИТАШВИЛИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БАРИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ АВТОМАТНЫХ СТАЛЕЙ

Проблеме повышения обрабатываемости стали посвящены многочисленные исследования, зачастую характеризующиеся противоречивыми выводами. Анализ взглядов различных авторов свидетельствует, что наиболее достоверным представляется положение, подтвержденное в монографии [1], согласно которому обрабатываемость стали, в основном зависит от ее структурного состава, в частности, от морфологии сульфидных включений, причем предпочтительнее наличие сульфидов I типа (по классификации Симса). Но с другой стороны, получение сульфидов глобулярной формы связано с умеренной степенью раскисленности металла, что обуславливает повышенное содержание в нем кислорода и предопределяет невысокий уровень механических свойств стали.

В этом аспекте, одним из действенных средств для обеспечения глубокого раскисления металла при выделении структурных составляющих в округленной форме в процессе кристаллизации стали, является ее модифицирование щелочно-замельными элементами. Поэтому в последнее время в СССР, а также в США, Японии и ФРГ освоен выпуск кальцийсодержащих сталей повышенной обрабатываемости, одновременно обладающих высоким комплексом механических свойств [1—4].

В настоящей работе рассмотрено влияние бария на обрабатываемость и механические свойства кальцийсодержащих автоматных сталей. Сведения об этом в научно-технической и патентной литературе отсутствуют, однако по данным американских исследователей [5], барий усиливает эффективность действия кальция.

Объектом исследования служила автоматная сталь марки А 20 (ГОСТ 1414-54), которая выплавлялась в высокочастотной печи с магнетитовым тигле емкостью 40 кг. Раскисление и микролегирование стали производили по VI вариантам.

В I варианте в металл присаживали серу, ферромарганец (ФМ_н 75) и ферросилиций (ФС45), из расчета получения маркировочного анализа стали по марганцу, кремнию и сере, а также присаживался алюминий и кальций в количестве соответственно 0,05 и 0,04%. При этом получали кальцийсодержащую автоматную сталь.

Последующие варианты (II—VI) отличались дополнительным вводом бария в количестве 0,02, 0,04, 0,06, 0,08 и 0,10% — соответственно по вариантам.

Ниже приведены усредненные данные (из 3-х плавов по каждому варианту) химического состава выплавленной стали:

Вариант	C	Mn	Si	S	P
I . . .	0,25	0,81	0,39	0,10	0,047
II . . .	0,25	0,80	0,31	0,11	0,051
III . . .	0,23	0,82	0,35	0,10	0,050
IV . . .	0,24	0,81	0,37	0,105	0,047
V . . .	0,24	0,83	0,34	0,12	0,049
VI . . .	0,25	0,79	0,32	0,13	0,045

Образцы из полученной стали испытывались на механические свойства (предел прочности, относительное удлинение, относительное сужение и обрабатываемость (заготовка подвергалась свободной ковке)).

В качестве характеристики обрабатываемости была принята методика ускоренных исследований, заключающаяся в определении величины Y_{60} методом торцевой обточке [6].

Метод торцевой обточке хотя и не гарантирует получение достоверных значений Y_{60} по абсолютной величине, но тем не менее вполне пригоден для сравнительной оценки обрабатываемости при наличии достаточно большого числа испытаний. С этой целью каждая точка, наносимая на график в координатах $\lg_n - \lg R_n$ представляла усредненное значение трехкратных результатов опыта.

Данные механических свойств и обрабатываемости автоматной стали в зависимости от вариантов раскисления приведены в таблице 1.

Механические свойства и обрабатываемость автоматной стали по вариантам раскисления и микролегирувания (усредненные данные)

Показатели	Варианты					
	I	II	III	IV	V	VI
I. Механические свойства:						
—предел прочности, Бв, кгс/мм ² ...	53,1	52,9	50,7	56,2	54,3	51,8
—относительное удлинение, δ_5 , % ...	34,8	35,1	38,2	42,5	37,1	37,9
—относительное сужение, ψ , % ...	42,6	42,5	48,8	50,3	48,0	47,6
II. Обрабатываемость. V 60, м/мин ..	92,5	93,4	110,5	119,3	114,2	114,7

Анализируя данные таблицы 1, прежде всего следует отметить что идентичные условия раскисления и практически равноценный химический состав металла всех вариантов, обуславливает различие в механических свойствах и обрабатываемости стали только лишь влиянием бария.

Результаты механических испытаний показывают, что если прочностные свойства стали изменяются незначительно и без видимой закономерности, то пластические характеристики стали, модифицированной барием, заметно повышаются. Так, по сравнению с оптимальным вариантом (IV— добавка 0,06% бария), относительное удлинение возрастает на 22% (отн.), а относительное сужение (ψ) — на 18% (отн.).

Повышение пластических свойств стали с барием, по-видимому, можно объяснить как предполагаемым снижением содержания кислорода и общего количества неметаллических включений, так и благоприятной формой и распределением сульфидных (оксисульфидных) включений.

Особо четко проявляется улучшение обрабатываемости автоматной кальциевой стали, дополнительно содержащей барий, что убедительно иллюстрируется на рис. 1.

Характер кривой, представленной на рис. 1, свидетельствует об экстремальном влиянии бария на обрабатываемость стали. С повышением добавок бария до 0,06%, обрабатываемость увеличивается до максимума (на 20% — по сравнению со сталью, не модифици-

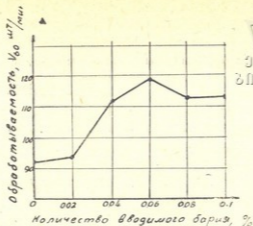


Рис. 1. Влияние бария на обрабатываемость кальцевой автоматной стали.

рованной барием), а затем несколько снижается (при добавке 0,08%) оставаясь в дальнейшем практически неизменной (добавка 0,1% Ва). Выявленная закономерность позволяет заключить, что качественно, превышение присадок бария сверх оптимального не приводит к росту величины обрабатываемости стали, однако количество бария, оказывающее наиболее эффективное воздействие, очевидно должно устанавливаться опытным путем для каждой конкретной марки стали, вследствие многогранности факторов, влияющих на степень использования бария и структуру модифицированного слитка.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлена целесообразность модифицирования барием кальцийсодержащей автоматной стали, что выражается в повышении ее пластических свойств и обрабатываемости.



Исследовано влияние бария на механические свойства и обрабатываемость кальцийсодержащей автоматной стали. Выявлено экстремальное воздействие бария на указанные характеристики. Введение оптимального количества бария (0,06%) позволяет повысить относительное удлинение на 22% (отн.), относительное сужение на 18% (отн.) и величину Y_{60} на 20% при практически неизменяющемся пределе прочности.

Литература



1. Я. Е. Гольдштейн, А. Заславский. Конструкционные стали повышенной обрабатываемости, М., «Металлургия», 1977, стр. 247, с илл.
 2. Патент США, № 3973950, 1976.
 3. Японский патент, № 48-19046, 1973.
 4. Tipnis V. A., Joseph R. A., Doubroya J. N. Werkstatt und Beiz, 1973, Bd, 106, №12, 1017—1024.
 5. И. С. Куликов. Раскисление металлов, М., «Металлургия», 1975, стр. 209.
 6. Э. И. Фельдштейн. Обрабатываемость сталей, Машгиз, 1953, стр. 14—16.
-



УДК 663.255.1

С. С. МЕСАРКИШВИЛИ

К ВОПРОСУ ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЛОПАСТНОВАЛКОВЫХ ДРОБИЛОК

Как известно из теории дробления твердых тел на валковых дробилках, при увеличении скорости вращения валков выше некоторых пределов, возможно, как бы, отставание материала если усилия, создающиеся в межвалковом рабочем пространстве, недостаточны для создания соответствующего ускорения частиц [1, 2]. Такую частоту вращения валков называют предельной и для ее определения рекомендуется формула [3]

$$n_{пр} = \sqrt{\frac{\sigma_p^2 f \alpha}{E \gamma D (d_n - d_k)}} \quad \text{об/мин,} \quad (1)$$

где σ_p — разрушающее напряжение, кгс/см²;

f — коэффициент трения;

α — угол захвата, град;

E — модуль упругости, кгс/см²;

γ — объемная масса материала (плотность частицы), кгс/см³;

D — диаметр валка, см;

d_n — начальный характерный размер (условный диаметр) частицы, см;

d_k — характерный размер частицы после дробления, см.

Очевидно, что предельная частота вращения дробильных валков увеличивается с увеличением коэффициента трения и угла захвата валка, а также с уменьшением диаметра валка, первоначальных размеров частицы и ее плотности.

В последнее время как у нас, так и за рубежом для дробления винограда стали применять лопастровалковые дробилки [4, 5]. Конструктивная специфика таких дробилок заключается в том, что валки, изготовленные из пищевой резины, имеют округлой формы лопасти, входящие друг в друга аналогично цилиндрической зубчатой передаче, но соблюдающие между собой определенный зазор.

Основная разница в принципе работы лопастных и гладких валков заключается в том, что при гладких валках измельчаемая частица почти всегда находится в контакте с поверхностями валка тогда, как при лопастных валках, в определенном промежутке времени, частица может находиться в межвалковом пространстве и совершать свободное падение, не соприкасаясь, при этом, с рабочими поверхностями лопастей.

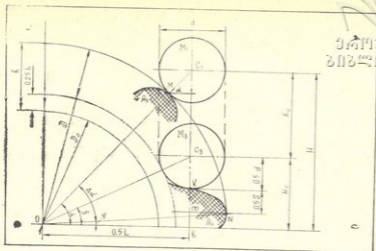
Исследование работы лопастных дробильных валков на плоской макетной установке показали, что частица материала, находящаяся над валками и движущаяся сверху вниз, может свободно пройти межлопастное пространство до тех пор, пока расстояние между соответствующими лопастями остается больше характерного размера частицы. Попадая в межлопастное пространство и продолжая движение с ускорением сверху вниз, частица достигает зоны гарантированного захвата, где под действием одной из лопастей принудительно меняет направление и начинает перемещаться в сторону соответствующей межлопастной впадины.

Для аналитического определения оптимальной частоты вращения лопастных дробильных валков исходим из следующих допущений:

1. Движение измельчаемой частицы в межвалковом рабочем пространстве рассматривается изолированно от потока обрабатываемого материала и форма частицы принимается шарообразной.

2. Перед началом движения сверху вниз, в худших условиях частица находится в контакте с одной из лопастей, служащей ей кратковременной опорой, т. е. находится на уровне захвата условными наружными поверхностями валков и начальная скорость ее равна нулю.

3. Принудительное изменение направления движения частицы (в сторону соответствующей межлопастной впадины) начинается с момента достижения ею уровня окружности одного из валков, диаметром, равным, примерно, $D_0 + 0,5h$ (фиг. 1).



Фиг. 1. Расчетная схема для определения оптимальной частоты вращения лопастных дробильных валков.

Время, за которое частица с позиции M_1 переместится в позицию M_3 , т. е. пройдет расстояние h_0 , можно определить законом свободного падения тел

$$\tau_1 = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \text{ сек.}, \quad (2)$$

где g — ускорение силы тяжести, м/сек²;

При частоте вращения валка n в минуту, лопасть валка повернется на угол $\Delta\alpha$ за промежуток времени

$$\tau_2 = \frac{60}{n} \frac{\Delta\alpha}{360} \text{ сек.} \quad (3)$$

Если допустить, что частота вращения валка подобрана таким образом, чтобы при падении частица не встречала бы препятствие со стороны набегающей или же удаляющей лопастей валка, т. е.

$\tau_1 = \tau_2$, что является оптимальным условием то, приравнявая друг к другу выражения (2) и (3) и решая в отношении частоты вращения валка, получим (все линейные размеры в м)

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\Delta\alpha^2 g}{12h_0}} \approx 3,369 \frac{\Delta\alpha}{\sqrt{h_0}} \text{ об/мин.} \quad (4)$$

Таким образом, задача сводится к аналитическому определению

угла поворота валка Δz и величины смещения частицы по вертикали h_0 (фиг. 1).

Из треугольников os_1b и os_3b имеем

$$H = \left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right) \sin \alpha = 0,5(D+d) \sin \alpha; \quad (5)$$

$$H_0 = \left(\frac{D_0}{2} + 0,25h + \frac{d}{2} \right) = 0,5(D+d-1,5h) \sin \beta. \quad (6)$$

Углы условного α и фактического β захвата определяются по формулам [6]

$$\cos \alpha = \frac{D+\delta-h}{D+d}; \quad (7)$$

$$\cos \beta = \frac{D+\delta-h}{D+d-1,5h}, \quad (8)$$

где δ — минимальный рабочий зазор между валками (впадиной и лопастью);

h — высота лопасти.

Искомую величину падения частицы определяем разностью

$$h_0 = H - H_0 = 0,5[(D+d) \sin \alpha - \sin \beta] - 1,5h \sin \beta. \quad (9)$$

согласно расчетной схеме имеем:

$$\Delta \alpha = \alpha - \varphi, \quad (10)$$

с другой стороны

$$mb = 0,5L \operatorname{tg} \varphi = 0,5(D+d) \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi. \quad (11)$$

откуда

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{mb}{0,5(D+d) \cos \alpha}. \quad (12)$$

Поскольку прямая ON проходит в центре вершины лопасти, принимающая в рассматриваемой позиции почти горизонтальное положение, то для расчета можно допустить $\operatorname{ctg} \varphi \approx 0,5S$, где S средняя ширина лопасти. В таком случае получим

$$mb = H - (h_0 + 5d + 0,5S). \quad (13)$$

Подставляя полученный результат в выражение (12) и учитывая равенство (5), получим

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{0,5[(D+d) \sin \alpha - (h_0 + d + S)]}{0,5(D+d) \cos \alpha} =$$

$$= \operatorname{tg} \alpha - \frac{2h_0 + d + S}{(D + d) \cos \alpha}$$



УДК 66-50
 62-50(49)333

Следовательно, выражение (10) примет вид

$$\Delta \alpha = \alpha - \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \alpha - \frac{2h_0 + d + S}{(D + d) \cos \alpha} \right]$$

Если внести соответствующие значения в выражение (4), получим формулу оптимальной частоты вращения лопастных валков дробилки

$$n_{\text{опт}} = 0,738 \frac{\alpha - \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \alpha - \frac{2h_0 + d + S}{(D + d) \cos \alpha} \right]}{\sqrt{(D + d)(\sin \alpha - \sin \beta) - 1,5h \sin \beta}} \quad (16)$$

Сравнивая между собой формулы (1) и (16) очевидно, что они существенно отличаются друг от друга, что вызвано конструктивными особенностями лопастных валков и характером захвата измельчаемой частицы. В частности, формула (16) включает в себя только факторы геометрического характера тогда, как в формуле (1) лишь два фактора учитывают геометрию валка и измельчаемой частицы.

В отличие от гладких (рифленных, зубчатых) валков, оптимальная частота вращения которых увеличивается с увеличением коэффициента трения частицы и с уменьшением диаметра валка, первоначального размера и плотности частицы, оптимальная частота вращения лопастных валков увеличивается с увеличением первоначальных размеров частицы, ширины и высоты лопасти, а также уменьшением диаметра валка.

Л и т е р а т у р а

1. Н. В. Гавриленко. Оборудование для производства растительных масел. Журн. «Пищевая промышленность», М., 1972.
2. А. М. Голдовский. Теоретические основы производства растительных масел. Пищепромиздат, М., 1958.
3. П. М. Сиденко. Измельчение в химической промышленности. «Химия», М., 1968.
4. Ц. Р. Зайчик, И. Д. Чеботареску. Оборудование для переработки сырья в виноделии. «Кртя Молдовеняеску», Кишинев, 1976.

5. С. С. Месаркишвили. Машины и аппараты виноделия, коньячного и коньячного производства. «Ганатлеба», Тбилиси, 1973.
6. С. С. Месаркишвили. Уточненная методика расчета производительности горизонтальных парных валков. Труды Тбилисского государственного университета. Сообщение АН ГССР, 87, № 1, Тбилиси, 1977.
-

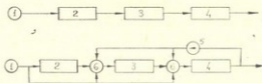
УДК 551.491.31.634.1/7.006.5

И. И. ЖОРЖОЛИАНИ, А. К. ЧАНТУРИЯ,
М. К. ЧАЧАНИДЗЕ, А. М. КЕЧХОШВИЛИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕПЛО- И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛИЦ И ФРУКТОХРАНИЛИЩ

При использовании термальной воды для теплоснабжения теплично-парникового хозяйства возможны два решения вопроса.

В первом случае термальную воду можно использовать по прямой схеме, подавая последовательно на отопление теплиц, затем парников и утепленного грунта (при температуре термальной воды 35—40°C возможна организация только утепленного грунта по прямой схеме) (рис. 1, схема 1). Тогда соотношение площадей остекленных поверхностей и грунта устанавливается произвольно, в зависимости от тепловой мощности источника (дебита и температуры).



1 Скважина; 2 Теплица; 3 Парники;
4 Утепленный грунт; 5 Насос;
6 Смесительное устройство

Рис. 1.

Во втором случае можно обеспечить оптимальное соотношение площадей. Так, для южных районов принято оптимальным считать хозяйство, состоящее из 10—15% остекленной поверхности и 85—90% утепленного грунта (рис. 1, схема II).

При втором решении вопроса схема теплоснабжения несколько

усложняется из-за необходимости примешивания и рециркуляции термальной воды.

Как показали проведенные нами расчеты, доли примешиваемой и рециркулируемой воды зависят от температуры термальной воды. В таблице 1 приведены доли примешиваемой и рециркулируемой вод в процентах, в зависимости от температуры источника. При прямом подмешивании термальной воды доли относятся к дебиту скважины, а рециркуляции — к количеству воды, покидающей утепленный грунт.

Таблица 1
Доля примешиваемой и рециркулируемой воды в %-ах по схеме П (рис. 1)

Температура скважины, °С	Линия примешивания		Линия рециркуляции	
	перед парником	перед грунтом	перед парником	перед грунтом
80	44,5	28,4	2,9	71,5
100	35,5	28,6	8,2	73,5

Приведенные в таблице данные позволяют определить при разных дебитах скважины величины примешиваемых и рециркулируемых потоков.

Как известно, тепличные хозяйства потребляют тепло неравномерно — днем меньше, ночью, наоборот, больше.

Летом в южных широтах страны теплицы вообще не функционируют. От тепличных хозяйств неиспользованное тепло можно направить в холодильные установки для выработки холода. Особенно перспективно выглядит идея совместного строительства тепличных и холодильных хозяйств. Равномерность потребления глубинного тепла повысит коэффициент использования тепла.

Как известно, большинство плодов, овощей сельскохозяйственного производства, для сохранения в них вкусовых качеств, витаминов, товарного вида требуют температуру не ниже 4°.

В этом случае представляется более перспективным для целей холодоснабжения фруктохранилищ использовать абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины (АБХМ), в которых осуществление рабочего цикла возможно за счет тепла термальных вод с температурой 80—100°С.

При работе агрегата АБХМ в режиме холодильной машины к генератору 2 (рис. 2) подается термальная вода с температурой

80—100°C, за счет тепла которого осуществляется рабочий цикл машины.

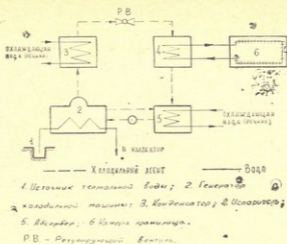


Рис. 2.

При значительном дебите источника термальной воды холодильная машина может находиться в работе и в осенне-зимнее время, используя термальную воду параллельно с отоплением теплично-парникового хозяйства для хранения яблок, груш, картофеля и овощей.

Технико-экономический анализ использования тепла термальных вод для отопления теплиц и парников показал следующее:

Из рис. 3 видно, что удельные капвложения в систему геотермального теплоснабжения, при наиболее вероятных показателях скважины, выше, чем капвложения в теплоснабжении от котельной, работающей на твердом топливе. Если стоимость 1 метра проходки составит 50 руб., а дебит источника будет 80 м³/ч и выше, картина меняется в пользу геотермального теплоснабжения. Скважины стоимостью 100 руб. 1 метра проходки и дебитом 150 м³/ч и выше, характеризуются меньшими капвложениями, чем котельная на твердом топливе.

Из рис. 3 видно, что удельные издержки геотермального теплоснабжения почти при всех показателях лучше удельных издержек теплоснабжения от котельной на твердом топливе.

Из вышесказанного следует, что геотермальное теплоснабжение при умеренной стоимости бурения (100 р/мп) по своим экономическим показателям оправдывается при дебитах 80 м³/ч и выше. При

бурении дорогих скважин (200 р/м) оправданным можно считать производство не более трех скважин, дебит каждой из которых должен быть не ниже 160 м³/ч.

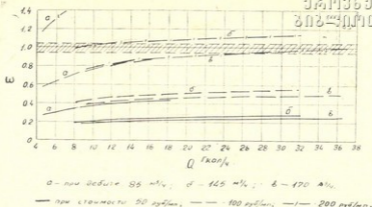


Рис. 3. Зависимость $\varepsilon = \frac{\Sigma_{\text{терм.}}}{\Sigma_{\text{кот.}}}$ от тепловой нагрузки теплично-парникового хозяйства (при котельной на твердом топливе).

Из рис. 4 видно, что по сравнению с котельной, работающей на жидком топливе, экономика геотермального теплоснабжения

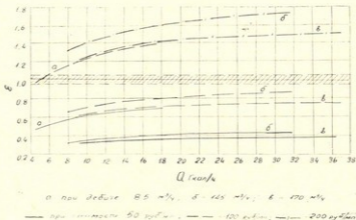


Рис. 4. Зависимость $\varepsilon = \frac{\Sigma_{\text{терм.}}}{\Sigma_{\text{кот.}}}$ от тепловой нагрузки теплично-парникового хозяйства (при котельной на жидком топливе).

ухудшается. В данном случае оправдывают себя недорогие скважины и скважины умеренной стоимости при дебитах 150 м³/ч и выше.

Только наличие выявленных ресурсов и качественные показате-

тели термальных вод позволяют рассчитать технико-экономические показатели их использования. Поэтому в ближайшее время необходимо форсировать освоение уже выявленных источников термальных вод Западной Грузии — Кулеви, Квалони, Хорга, Чагалии, при использовании которых только на цели агротеплофикации может дать годовую экономию дефицитного для республики твердого топлива в размере 5 тыс. тонн условного топлива.

Л и т е р а т у р а

1. И. И. Жоржолани, И. К. Толмачева. Труды ГрузНИИ-ЭГС, т. XVIII, изд. «Мецниереба», 1969.
2. В. П. Зуев, В. С. Шкрабак. Применение тепла в сельском хозяйстве, изд. «Колос», 1976.
3. А. И. Мухелишвили, И. И. Жоржолани. Использование термальных вод с применением абсорбционных холодильных агрегатов. Труды ГрузНИИЭГС, вып. IV, 1977.



УДК. 528.74:72

И. Ф. РОБИТАШВИЛИ

**ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ
ТОЧЕК ПО ПРОЕКТИВНО-ПРЕОБРАЗОВАННЫМ СНИМКАМ**

Предрасчет определения относительной средней квадратической ошибки в координатах точки связан с дифференцированием метрического инварианта проективных преобразований [1, 3]. На рис. 1 изображены четыре коллинеарные точки R_1, R_2, R_3, R_4 , задающие двойное (сложное) отношение ограниченных ими отрезков.



Рис. 1.

Пусть γ — двойное отношение R_1, R_2, R_3, R_4 , т. е.

$$\gamma = \frac{R_1 R_3}{R_1 R_4} : \frac{R_2 R_3}{R_2 R_4} \quad (1)$$

Логарифмируем выражение (1). Тогда

$$\ln \gamma = \ln R_1 R_3 - \ln R_1 R_4 + \ln R_2 R_3 - \ln R_2 R_4 \quad (2)$$

Продифференцируем выражение (2) и перейдем к средним квадратическим ошибкам. Получим

$$m^2_{\ln \gamma} = m^2_{\ln R_1 R_3} + m^2_{\ln R_1 R_4} + m^2_{\ln R_2 R_3} + m^2_{\ln R_2 R_4},$$

$$\left(\frac{m_\gamma}{\gamma}\right)^2 = \left(\frac{m_{R_1 R_3}}{R_1 R_3}\right)^2 + \left(\frac{m_{R_1 R_4}}{R_1 R_4}\right)^2 + \left(\frac{m_{R_2 R_3}}{R_2 R_3}\right)^2 + \left(\frac{m_{R_2 R_4}}{R_2 R_4}\right)^2,$$

$$\frac{m_\gamma}{\gamma} = \sqrt{\left(\frac{m_{R_1 R_3}}{R_1 R_3}\right)^2 + \left(\frac{m_{R_1 R_4}}{R_1 R_4}\right)^2 + \left(\frac{m_{R_2 R_3}}{R_2 R_3}\right)^2 + \left(\frac{m_{R_2 R_4}}{R_2 R_4}\right)^2}$$

Из формулы (3) следует, что $\frac{m_\gamma}{\gamma}$ тем меньше, чем больше от-

резки R_1R_3 , R_1R_4 , R_2R_3 , R_2R_4 и чем меньше ошибки m их измерения. Отсюда можно заключить, что точность определения обусловлена форматом снимка и точностью измерения (рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000).

Пусть точность измерений координат точек одинакова, т. е.

$$m_{R_1R_3} = m_{R_1R_4} = m_{R_2R_3} = m_{R_2R_4} = m,$$

тогда формула (3) примет вид

$$\frac{m\gamma}{\gamma} = m \sqrt{\frac{1}{(R_1R_2)^2} + \frac{1}{(R_1R_4)^2} + \frac{1}{(R_2R_3)^2} + \frac{1}{(R_2R_4)^2}} \quad (4)$$

Зададим условие, что отрезки равны, т. е. отрезок R_1R_3 или R_2R_4 в худшем случае равны отрезку $1,1a$. R_2R_3 представим в виде разности $R_1R_3 - R_1R_2$. Подкоренное выражение представим в виде

$$\frac{1}{1,2a^2} + \frac{1}{4,8a^2} + \frac{1}{0,01a^2} + \frac{1}{1,2a^2},$$

тогда выражение (4) можно представить так:

$$\frac{m\gamma}{\gamma} \approx 1,36 \frac{m}{a} \quad (5)$$

Если считать, что отрезок x в два раза меньше диагонали d снимка, то получим

$$\frac{m\gamma}{\gamma} = 2,7 \frac{m}{d} \quad (6)$$

По формуле (6) легко подсчитать $\frac{m\gamma}{\gamma}$ для прямоугольного и квадратного формата снимка.

Полагая, например, что точность определения координат $m = 0,01$ мм тогда по таблице 1 получим значение $\frac{m\gamma}{\gamma}$ зависимости от формата кадров снимка.

Если проективные координаты Ψ выразить [4] через двойные отношения двух четверок направлений пунктов прямых с вершина-

*) Влияние фокусного расстояния на точность определения общеизвестно. С увеличением фокусного расстояния увеличивается и точность измерения (напримёр угла) по снимкам.

Таблица 1

Формат снимка	24×24	18×18	15×13	9×12
Диагональ в мм	340	258	222	222
m_{γ} / γ	1/12600	1/8200	1/8200	1/5500

ми в точках Γ_1 и Γ_2 снимка, то положение текущей точки Ψ определится с точностью двойных отношений γ_1 и γ_2 .

При расположении базисных и единичных точек в углах снимка положение текущей точки r_i (где $i=1, 2, 3...$) будет определено относительной ошибкой в $\sqrt{2}$ большей, чем относительная ошибка двойного отношения γ . Соответственно, по таблице 2 будем иметь значение $\frac{m_r}{|B|}$ зависимости от формата снимка.

Таблица 2

Формат снимка в см	24×24	18×18	13×18	9×12
$m_r / B $	1/8000	1/6800	1/5800	1/4000

Подсчитанные относительные ср. кв. ошибки характеризуют невыгодные положения точек на снимках, и поэтому являются максимальными.

Точнее определяются положения точек, размещенных вблизи базисных и единичной точек.

Относительные ошибки положения точек снимка $f = \frac{d}{2}$ вызывают такие же ошибки (в радианах) в углах между лучами.

Теперь легко подсчитать точность положения определяемого центра проекции [1] (центра фотографирования), пользуясь формулой точности прямой засечки [2]

$$m_3 = \frac{m_\beta b \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}}{\sin^2 \gamma}, \quad (7)$$

где β — углы между базисом b и направлением на центр проекции (фотографирования); γ — параллактический угол засечки центра проекции.

Представляя в формулу (7) значения b , $\sin \beta_1 = \sin \beta_2$, $\frac{m_\beta}{\rho}$

и γ , получим ср. кв. ошибку m положения точки центра проекции S_ϕ [4].

Исследуем значение m_3 для случаев формата снимка 18×18 см и 13×18 см, считая остальные величины безошибочными.

Для формата снимка 18×18 см при $Y = 10$ м, $f_k = d = 200$ мм, $b = 10$ м, $\beta_1 = \beta_2 = 45^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ по формуле (7) получим $m_{\text{пред}} = 1,5$ мм, т.е.

$$\frac{m}{y} = \frac{1}{6700}.$$

Для формата снимка 13×18 см при $Y = 10$ м, $f_k = d = 200$ мм $b = 5$ м, $\beta_1 = \beta_2 = 67^\circ,5$, $\gamma = 45^\circ$ получим $m_{\text{пред}} = 2,1$ мм, т.е.

$$\frac{m}{y} = \frac{1}{4800}.$$

Как видим, с уменьшением формата снимка увеличивается относительная ошибка определения положения центра фотографирования. Назовем ошибку взаимного положения опорных точек R_5 и R_6 ошибкой m_u исходных данных. Тогда эту ошибку можно найти, пользуясь формулой [2]

$$m_u^2 = \frac{1}{\sin^2 \gamma} \left(\sin^2 \beta_1 m_{R_5}^2 + \sin^2 \beta_2 m_{R_6}^2 \right). \quad (8)$$

при

$$\begin{aligned} m_{R_5} &= m_{R_6} = m_R \\ m_u &= m^2_R \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma}. \end{aligned} \quad (9)$$

С учетом этой ошибки согласно (7) будем иметь

$$m_3 = \left(\frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2 \gamma} b^2 + m^2_R \right) \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma}. \quad (10)$$

При одинаковых отстояниях от центра S_ϕ фотографирования точек R_5 и R_6 и $\gamma = 90^\circ$ достигается наибольшая точность засечки. Ошибка в этом случае равна

$$m_3 = \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} b^2 + m^2_R}. \quad (11)$$

Анализируя (11) заключаем, что на точность определения положения центра фотографирования существенно влияет величина взаимного расположения точек R_5 и R_6 , т. е. ошибки определения базиса b . Из формулы (11) видно, что чем больше значение $R_5 R_6$, тем точнее засечка.

Л и т е р а т у р а

1. М. И. Буров, Ю. М. Трунин, И. Ф. Робиташвили. Определение центра фотографирования по данным опоры и результатам измерения проективно преобразованного снимка. «Фотограмметрия в горном деле». Вып. 3, изд. СГИ, 1976, стр. 17—26.
 2. Г. П. Левчук. Курс инженерной геодезии. «Недра». М., 1970.
 3. И. Ф. Робиташвили. Определение размеров утрат сооружения по фотографиям объекта. Сборник ВАГО АН СССР «Инженерно-геодезические работы на Урале», 1976, стр. 145—151.
 4. И. Ф. Робиташвили. Применение фотограмметрии при решении некоторых архитектурно-строительных задач (теоретические и экспериментальные исследования). Автореф. канд. диссертации, МИИГАиК, М., 1976.
-



УДК 528.74:528.93

И. Ф. РОБИТАШВИЛИ, Р. И. ЛОРДКИПანიДЗЕ

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СНИМКОВ С УЧЕТОМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ОШИБОК

В настоящее время топографические карты создаются, как правило, методами аэрофотофотографической съемки, которые быстро развиваются и совершенствуются. Наиболее совершенные методы создания карт основываются на использовании универсальных стереофотограмметрических приборов.

Основным процессом фотограмметрической обработки снимков, определяющим в конечном итоге необходимый объем полевого геодезического обоснования, являются фотограмметрическое сгущение. Поэтому повышению точности фотограмметрического сгущения стремятся уделять больше внимания.

Увеличением протяженности фотограмметрических сетей связанного с разрежением геодезического обоснования, возникает необходимость повысить точность построения отдельных звеньев сети и их соединения. Большое значение имеет уменьшение влияния систематических инструментальных ошибок при триангулировании. Поэтому для установления требований к точности работы инструментов, предназначенных для определения высот точек следует исходить из того, чтобы инструменты позволяли практически полностью использовать всю точность, заключенную в самом снимке, т. е. фотограмметрические инструменты по отношению к фотоснимкам должны иметь определенный запас точности. Согласно существующим инструкциям и наставлениям по составлению топографических карт требования к точности определения высот точек в 5—6 раз выше, чем точности определения плановых координат. Из этого следует, что именно точность определения высот точек должна нахо-

даться в центре внимания при исследовании инструментальных ошибок.

Целью работы являлась отработка в первом приближении технологии выявления и учета инструментальных ошибок универсальных стереофотограмметрических приборов, используемых для пространственного фототриангулирования. В качестве универсального стереофотограмметрического прибора был выбран стереопроектор СПР-2, который теоретически строго выполняет построения фотограмметрической модели.

Для решения поставленной задачи необходимо было подробно рассмотреть существующие методы определения инструментальных ошибок и на основе этого отработать технологию определения систематических инструментальных ошибок. Учет инструментальных ошибок прибора при фотограмметрическом сгущении требовал детального ознакомления с элементами технологии построения фотограмметрических сетей и последующей обработки результатов наблюдений.

Для общего исследования прибора и выявления систематических инструментальных ошибок на контрольных сетках в пределах перекрытия было намечено 25 точек, равномерно покрывающих воображаемую стереоскопическую пару.

После установки контрольных сеток с намеченными точками в проектирующие камеры прибора были установлены на шкалах координационных механизмов и базисной каретки значения их мест нулей. После взаимного ориентирования сеток на каждой точке измеряли стереоскопически высоту H и фиксировали положение этих точек на основе. Измерение высот точек проводилось в два приема, в результате чего были получены средние значения высот для каждой точки.

С целью наиболее объективного выявления систематических инструментальных ошибок и освобождения их от случайных ошибок исследование инструментальных систематических ошибок проводили по горизонтальным и наклонным сеточным моделям при

$$\omega_1 = MO_{\omega} ,$$

$$\omega_2 = MO_{\omega} + 100 \text{ мм.}$$

$$\omega_3 = MO_{\omega} + 10 \text{ мм.}$$

Высоты точек на наклонных моделях аналитически горизонтировались, при этом устранялся поперечный и продольный наклоны для каждой сеточной модели.

Выявление инструментальных ошибок, таким образом, выполнялось трижды, за окончательное значение инструментальных ошибок была принята среднеарифметическая из трех. Далее проводилась интерполяция между отметками и соединением одинаковых высот линиями равных поправок. В результате этого мы получили график поправок за инструментальные ошибки.

Так как контрольные сетки представляют собой снимки идеального случая съемки горизонтальной местности, поэтому построение экспериментальной сети решено было проводить по контрольным сеткам в пределах четырех пар. Построение сети производилось по существующей технологии.

С целью сравнения обработка результатов построения пространственной сети проводилась как с учетом, так и без учета инструментальных ошибок.

Геодезическое ориентирование сети и исключение деформации выполнялись графо-аналитическим способом.

Обработка же результатов построения сети с учетом инструментальных ошибок произведена с введением инструментальных ошибок с помощью графика поправок.

График поправок накладывался на основу и после совмещения главных точек графика с главными точками начального звена отчитывали поправки в месте расположения точек звена. Далее график совмещался по главным точкам следующих звеньев и выполнялось определение поправок для точек всего маршрута. После этого производилось геодезическое ориентирование и исключение деформации сети по опорным точкам. Сравнение двух результатов даны в табличной оценке в приложении.

Таблица 1

Оценка точности сети табличным способом

Величина ошибок от и до, мм	Количество	%	Примечание
0,00—0,01	12	28,6	
0,02—0,03	20	47,6	
0,04—выше	10	23,8	
Всего	42	100%	

Высоты точек без учета инструментальных ошибок были измерены с точностью со ср. кв. ош. $m = \pm 0,038$ м, а с учетом инструментальных ошибок $m = \pm 0,003$ м.

Величина ошибок от и до, мм	Количество	%	Примечание
0,00—0,01	31	73,8	
0,02—0,03	9	21,4	
0,04—выш	2	4,8	
Всего	42	100%	

Таким образом, полученные высоты точек были освобождены от систематических инструментальных ошибок.

Предлагаемый график поправок инструментальных ошибок не позволяет полностью выявить систематические ошибки, так как эти ошибки содержат также случайные ошибки, отделить которые от систематических затруднительно. Несмотря на это, все же график поправок инструментальных ошибок позволяет уменьшить систематические инструментальные ошибки при обработке сети, в результате чего появляется возможность повышения точности определения высот точек сети. Следует иметь в виду, что график поправок, который составляется для каждого прибора независимо строится именно в том масштабе, в каком строится сеть. При съемке рельефа введение поправок с помощью графика поправок весьма затруднительно. Безусловно, этот вопрос представляет большой интерес и является одним из актуальных вопросов при создании топографических карт крупного масштаба, где сечение рельефа порой необходимо выбирать от 1,0 м до 0,1 м. Очевидно этот вопрос может быть решен с помощью специальных автоматизирующих устройств, которые должны автоматически управлять измерительной кареткой прибора по высоте.



ქართული
ბიბლიოთეკა

სასოფლო-სამეურნეო სფეროში ელექტიფიკაცია
ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА



УДК 631.342

ზ. შებრაველი, ზ. მუვილოვაჟაძე,
ა. ვაზაიძე

ელექტროფიცირებული სასლაპის გამოკვლევის შედეგები

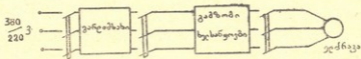
სოფლის მეურნეობის წარმოებაში ფართო გავრცელება პპოვა ელექტროფიცირებულმა ხელის იარაღებმა. მებაღეობაში ტოტების გასხვლა ერთ-ერთი შრომატევადი სამუშაოა. ტოტების გასასხლავად შეიქმნა ელექტროფიცირებული ხელსაწყო, რომლის მუშა ორგანოს წარმოადგენს როტაციული მჭრელი დანა. მუშა ორგანო მოძრაობაში მოდის ელექტროძრავას საშუალებით (ნახ. 1).



ნახ. 1. ელექტროფიცირებული სასლაპი.

თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგებმა საშუალება მორგევა დაგვეზუსტებინა კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური პარამეტრები, დამუშავდა ტექნიკური დავალება და შეიქმნა ხელსაწყო ექსპერიმენტული ნიმუში, რომელიც არსებული სხვა ხელსაწყოებისაგან, რომლებსაც გააჩნია პნევმოამძრავი ან მოქნილი ლილვი, განსხვავდება რიგი დადებითი თვისებებით: არა აქვს სპეციალური პნევმომოწყობილობა, ექსპლუატაციაში არასაიმედო მოქნილი ლილვი და ხელსაწყოზე აღარ მოქმედებს რეაქტიული მომენტი. ხელსაწყო დამუშავებისას ერთ-ერთი ძირი-

თადი მოთხოვნა ექსპლუატაციური საიმედოობა და გამოყენების მოსახერხებულობა იყო. გასხვლის პროცესების შესაბამისად აუცილებელია უსტაბილურად იქნეს განსაზღვრული სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ტექნოლოგიური პროცესის შესრულებისათვის, შეირჩეს ელექტროამბრავის სიმძლავრე და მისი კვების სისტემა. სხვადასხვა ნაშრომთა ანალიზიდან ჩანს, რომ ტოტების სასხლავი ხელსაწყოთა ელექტროამბრავის კვება მაღალი სიხშირის კვების წყაროდან საშუალებას გვაძლევს შევირჩიოთ მცირე წონისა და გაბარიტული ზომები სინქრონული ელექტროამბრავები, ზემოთ თქმულის შესაბამისად ტოტების სასხლავის ამბრავად შევირჩიოთ მაღალი სიჩქარის ელექტროამბრავა: სიმძლავრით P-0,105 კვტ: ძაბვით H-36 ვ და მკვებავი ქსელის სიხშირე $f = 200$ კ. (ნახ. 2).



ნახ. 2. ელექტროამბრავის ჩართვის სქემა.

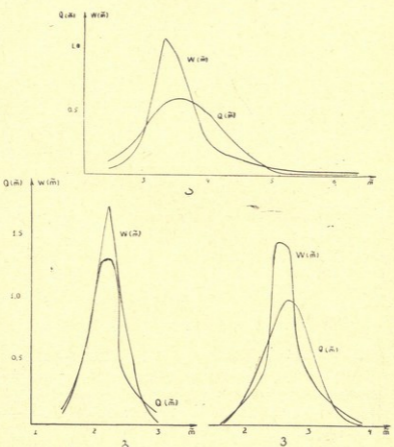
მუშა ორგანოს სიჩქარის გაზრდამ საჭირო გახდა მბრუნავი ნაწილების სიხისტისა და სიმტკიცის გაზრდა, სიხშირის გარდამსაბის გამოყენება.

ელექტროამბრავის შემოწმებისათვის ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა, რომ ელექტროამბრავის გამწვი მომენტის ჯერადობა საკმაოდ დაბალია, მაგრამ ეს გავლენას არ ახდენს მის მუშაობაზე, რადგან ტოტების გასხვლის ტექნოლოგიური პროცესი იწყება მას შემდეგ, როდესაც ძრავს ბრუნთა რიცხვი მიაღწევს ნომინალურ სიხშირეს (ძრავა ეშვება დატვირთვის გარეშე), ეს კი უზრუნველყოფს ძრავის მუშაობის ნორმალურ პირობებს. ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს ტოტების სასხლავის მუშაობის საიმედოობა და ელექტროამბრავის შერჩევის სისწორე. ელექტროამბრავის გამოკვლისას დადგინდა, რომ ელექტროამბრავა ქსელიდან მოითხოვს ჩამორჩენილ დენს, რომელიც ნომინალური სიმძლავრის ფარგლებში არაა დამოკიდებული დატვირთვისაგან ელექტროამბრავის ლილვზე. უკმა სვლის დროს სიმძლავრის კოეფიციენტი საკმაოდ განსხვავდება ერთისაგან, მაგრამ დატვირთვის მომატების შესაბამისად სწრაფად იზრდება და აღწევს მაქსიმუმს ნომინალური სიმძლავრის დროს.

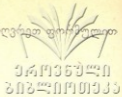
მკვებავი ქსელის ძაბვისა და სიხშირის გადაზრამ ნომინალური მნიშვნელობებიდან გვიჩვენა, რომ ძაბვის შემცირებით მცირდება ელექტროამბრავებელი ძალა და მაგნიტური ნაკადი. წინააღობის მომენტი მეტია ვიდრე ძრავის მომენტი. ხოლო სრიალი იზრდება ვიდრე ძრავს და წინააღობების მომენტები ერთმანეთს არ გაუტოლდებიან. ქსელიდან მოთხოვნილი სიმძლავრე იზრდება სიმძლავრე ლილვზე, ძრავს მიერ განვითარებულ მომენტი და ნ.ქ.კ. მცირდება, ხოლო სიმძლავრის კოეფიციენტი იზრდება. ასეთ პირობებში ელექტროამბრავის მუშაობა უნდა განხორციელდეს ნომინალ-

ლური მომენტის დაბლა. ძაბვის გაზრდა ან მკვებავი ქსელის სიხშირის შეცვლა იწვევს ზემო პარამეტრების ცვლილებას საწინააღმდეგო მხარეს. გასასხვლეელი ხეების ტოტების მრავალფეროვნება, განსხვავება მათ ფიზიკურ თვისებებში გავლენას ახდენს ელექტრული ძრავის ენერგეტიკულ და ექსპლუატაციურ მაჩვენებლებზე. სტატისტიკური გამოკვლევების მიხედვით ელექტროძრავას დატვირთვაზე ძირითად გავლენას ახდენს ტოტების სიმტკიცე და სისქე, ტოტების შერჩევა ხდებოდა განსაზღვრულ სიმაღლეზე, აგროტექნიკური მოთხოვნების შესაბამისად.

ექსპერიმენტის ჩატარების დროს ვსაზღვრავდით მკვებავი ქსელის ელექტრულ პარამეტრებს, გასასხვლეელი ხეების ჭიშებს და ტოტების დიამეტრებს, მონაცემების დამუშავებისას მიღებულ იქნა განაწილების დისკრეტული სიდიდეები, გასასხვლეელი ხეების ჭიშების მიხედვით, ამიტომ



ნახ. 3. განაწილების ჰისტოგრამები: ა) თუთის, ბ) ატმის, ვ) ვაშლის ტოტების გასხვლის მონაცემებისათვის.



$$\tilde{m} = \sum_{i=1}^k X_i P_i$$

სადაც P_i არის ოპტიმალური სიხშირე;

X_i — მაქსიმალური დატვირთვა.

როგორც ნახაზიდან ჩანს (ნახ. 3) განაწილების სიმკვრივის მრუდებმა თითქმის ემთხვევა ნორმალური განაწილების მრუდებს.

სტანდარტულ შემთხვევებში პროცესების გამოკვლევისათვის, შემთხვევითი სიდიდეების არადამაკმაყოფილებელი მახასიათებლების დროს საკმარისია ვიცოდეთ მეორე რიგის მომენტები, ე. ი. დისპერსია, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \tilde{m})^2}{n-1}$$

№	საშუალო \tilde{m}	სიხშირე P	თეორიული სიმკვრივე $O(\tilde{m})$	ემპირიული სიმკვრივე $W\tilde{m}$	ვიბროსტატისტიკა
1	2,40	2	0,1037	0,0478	1,26
2	2,71	5	0,2301	0,1195	2,22
3	3,01	18	0,4091	0,4301	0,04
4	3,32	47	0,5722	1,1232	22,19
5	3,63	30	0,6299	0,7169	0,50
6	3,94	11	0,5479	0,2629	6,20
7	4,25	7	0,3747	0,1673	4,80
8	4,55	6	0,2046	0,1434	0,77
9	4,86	5	0,0871	0,1195	0,50
10	5,17	2	0,0299	0,0478	0,45
11	5,48	2	0,0079	0,0478	8,43
12	5,78	—	0,0016	—	0,07
13	6,09	—	0,0003	—	0,01
14	6,40	1	—	0,0239	—

სადაც X_i არის ჯიშის შესაბამისი ცენტრირებული მნიშვნელობა.

შემთხვევითი სიდიდის დაფანტვა შეიძლება დავახასიათოთ, არა მარტო დისპერსიით, არამედ საშუალო კვადრატული სიდიდითაც, რომელსაც ის უპირატესობა აქვს, რომ მას გააჩნია იგივე განზომილება, რაც თითონ შემთხვევითი სიდიდეს.

განაწილების საშუალო კვადრატული მნიშვნელობების სიდიდეები განისაზღვრება ფორმულით



$$\sigma_{\tilde{m}} = \sqrt{\frac{D}{n}}$$

მე-3 ნახაზზე მოყვანილია განაწილების სიმკვრივის სიმკვრივის ფუნქციის, ვაშლის და ატმის ტოტების გასხვლის ექსპერიმენტული მონაცემებისათვის. ცხრილში მოცემულია თუთის ტოტების ჭრის ექსპერიმენტული შედეგების სტატისტიკური მონაცემები. როგორც ნახაზიდან ჩანს, განაწილების სიმკვრივის მრუდები თითქმის ემთხვევა ნორმალური განაწილების კანონს.

ნდობის ინტერვალი გამოითვლება ფორმულით

$$I_{\beta} = (\tilde{m} - z_{\beta} \cdot \sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + z_{\beta} \cdot \sigma_{\tilde{m}}),$$

სადაც z_{β} განისაზღვრება ფორმულით

$$z_{\beta} = \sigma_{\tilde{m}} \cdot \arg \Phi^* \left(\frac{1 + \beta}{2} \right),$$

სადაც $\arg \Phi^*(x)$ ფუნქცია უკუ $\Phi^*(x)$ ანუ არგუმენტის ისეთი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც განაწილების ნორმალური ფუნქცია ტოლია X -ის მნიშვნელობისა. უკუინტერპოლირების გამორიცხვის მიზნით ცხრილებიდან შეირჩევა t_{β} -ს მნიშვნელობები. t_{β} — განაწილების ნორმალური კანონისათვის განსაზღვრავს საშუალო კვადრატული გადახრების მნიშვნელობას, რომელიც უნდა გადაიზომოს გაბნევის ცენტრის მარცხნივ და მარჯვნივ, რომ მოცემულ უბანში მოხვედრის ალბათობა ტოლი იყოს β -ს.

ზემოთქმულის შედეგად ნდობის ინტერვალს ექნება სახე

$$I_{\beta} = (\tilde{m} - t_{\beta} \cdot \sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + t_{\beta} \cdot \sigma_{\tilde{m}});$$

ანგარიშის შედეგად მიღებულია:

თუთის ტოტები:	$\sigma_{\tilde{m}} = 0,0542$	$I_{\beta} = (3,51; 3,68);$
ატმის ტოტები:	$\sigma_{\tilde{m}} = 0,025$	$I_{\beta} = (2,148; 2,23);$
ვაშლის ტოტები:	$\sigma_{\tilde{m}} = 0,0332$	$I_{\beta} = (2,605; 2,714).$

β — წარმოადგენს ნდობის ალბათობას, რომლის დროსაც შემთხვევა შეიძლება ჩაითვალოს ნამდვილად. ჩვენი ანგარიშის დროს მიღებული იყო $\beta = 0,9$, ეს ნიშნავს რომ 90% შემთხვევაში დატვირთვის მნიშვნელობები მოხვდება ექსპერიმენტის ჩატარების ინტერვალში.

1. ვ. ი. მებრეველი. ელექტროამპრაჟი და მისი ავტომატური შართვა სოფლის მეურნეობაში. „განათლება“, 1976. **მეცნიერული**
 2. Ю. И. Крамаров. Высокоскоростные машины в сельском хозяйстве, Краснодар, 1966, **მეცნიერული**
 3. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. М., 1969.
-

УДК 681.3.06

Д. В. ИМНАДЗЕ, Т. Г. ЧХЕИДЗЕ,
Дж. Ш. ХВАДАГАДЗЕ

**ОБ ОПЫТЕ ОСВОЕНИЯ МАШИННОГО СПОСОБА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ**

Формализация задач путем их математического описания, разработки алгоритмов и соотношение программы вычислений является необходимым, обязательным условием успешного использования электронных вычислительных машин для их решения.

В последние годы для формализации многочисленных технологических задач растениеводства и животноводства применяют линейное программирование.

В условиях специализации и концентрации животноводства важнейшей задачей является оптимизация кормления крупного рогатого скота (КРС) в зимний стойловый период оптимально сбалансированными рационами, в решении которой используется линейное программирование.

Принципиальная схема автоматизированной системы управления (АСУ) процесса кормления КРС выглядит следующим образом (рис. 1):

В животноводческих хозяйствах берутся пробы заготовленных кормов, которые передаются в зональные агрохимические лаборатории (ЗАЛ).

В ЗАЛах проводятся анализы кормов, результаты которых в виде переменной информации передаются на ЭВМ для расчета рационов.

С помощью ЭВМ производится выдача суточных оптимальных рационов кормления животных по половозрастным группам, которые по соответствующим формам выходных документов возвращаются ЗАЛ-ам, а оттуда хозяйствам для использования при кормлении КРС в коровниках 4.

По содержанию для рассматриваемого процесса важно отметить два положения: во-первых, кормление животных в зимний стойловый период должно осуществляться по известным зоотехническим нормам. При этом, требуется составить кормовой рацион, удовлетворяющий требованиям по компонентам питательности и химического состава.

Во вторых, необходимо исключить возможность несоответствия исходных и итоговых данных при решении задачи оптимизации кормовых рационов.

Для достижения поставленной цели рассмотрим два варианта: 1. Обычно используемый — составление и решение экономико-математической модели методом линейного программирования. 2. Предлагаемый — позволяющий освоить машинный способ решения, основанный на математическом моделировании на ЭВМ.

В данном случае более пригоден второй вариант. Логика решения задачи построена следующим образом:

Рациональное кормление заключается в таком кормлении кормов, при котором потребности хорошо восполяются питательными веществами, содержащимися в кормах. Организовать сбалансированное кормление можно при разных наборах кормов, однако при одних наборах, широких по разнообразию, сделать это легче, а при других — узких, труднее.

В последних случаях приходится вводить в рацион подкормку или ограничивать уровень кормления, а следовательно, и уровень продуктивности.

Для достижения намеченной продуктивности рационом должны быть удовлетворены все без исключения потребности по содержанию питательных веществ. Если это невозможно располагаемым набором

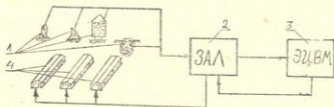


Рис. 1. Принципиальная схема АСУ процесса кормления КРС в зимний стойловый период.

- 1 — заготовленные корма
- 2 — зональная агрохимическая лаборатория
- 3 — электронная цифровая вычислительная машина
- 4 — коровники

кормов и некоторые компоненты питательных веществ выходят за пределы как максимально, так и минимально допустимых норм, то условная оптимизация рациона должна быть достигнута за счет ограничения пределов норм снизу:

$$N_i^{min} \leq N_{i,\phi}$$

где: N_i^{min} — нижний предел зоотехнической нормы содержания i -го питательного вещества в рационе;

$N_{i,\phi}$ — фактическое (расчетное) значение i -го питательного вещества в рационе;

i — вид питательного вещества.

Известно, что чрезмерное увеличение отдельных компонентов питательности может неблагоприятно влиять на здоровье животного. Для предотвращения отмеченного нежелательного фактора в состав алгоритма введены контрольные блоки, обеспечивающие соотношения между величинами содержания питательных веществ рационов в пределах зоотехнически допустимых норм:

$$N_i^{min} \frac{i}{i+k} \leq \frac{N_{i+k,\phi}}{N(i+k)\phi} \leq N_i^{max} \frac{i}{i+k} \quad (2)$$

где $N(i+k)\phi$ — фактическое (расчетное) количество питательного вещества $(i+k)$ и i в рационе;

N_i^{min} и N_i^{max} — нижний и верхний пределы зоотехнических норм соотношения между количествами питательного вещества $(i+k)$ и i в рационе;

k — целое конечное число ($k = \pm 1, 2, \dots$).

Для разработки математической модели технологического процесса расчета рационов введем следующие обозначения: r — производственно-возрастная группа животных, j — вид корма или кормовой добавки, i — вид питательного вещества в j -ом виде корма, k — вид животноводческой продукции (мясо, молоко); $N_{r,i}^{max}$ и $N_{r,i}^{min}$ — максимальное и минимальное количество питательных веществ, обеспечивающих получение определенной продуктивности по r -ой производственно-возрастной группе животных при употреблении определенных кормов и добавок; $N_{i,j}$ — содержание i -го вида питательных веществ в кг/г j -го вида корма (кормовых добавок); $V_{r,k}$ — суточная продуктивность r -ой производственно-воз-

растной группы животных по k -му виду продукции; $C_{r,k}$ — стоимость единичного веса определенного j вида корма; $C_{r,k}$ — стоимость суточной продукции по r -ой производственно-возрастной группе животных;

P_j — количество определенного вида корма или добавки в рационе;

$N_{r,i}^p$ — расчетное значение количества питательных веществ в рационе;

m — количество видов кормов (добавок), используемых в рационе.

Задачу можно сформулировать следующим образом: в рационе кормления обеспечить зоотехнические требования:

$$N_{r,i}^{min} \leq N_{r,i}^p \leq N_{r,i}^{max} \text{ или } N_{r,i}^{min} \leq \sum_{j=1}^m P_j \cdot n_{ij}, j \leq N_{r,i}^{max} \quad (4)$$

При этом должны выполняться условия:

$$P_j^{min} \leq P_j \leq P_j^{max} \quad (5)$$

где P_j^{max} и P_j^{min} — максимальный и минимальный пределы количества и корма (добавки) P_j в рационе, и

$$C_{r,k} = \sum_{j=1}^m C_j \cdot P_j \rightarrow \min \quad (6)$$

Вводится массив исходных данных, которые сразу подвергаются обработке: определяется шаг интеграции Δj для каждого вида корма (добавки) реализацией выражения:

$$\Delta j = \frac{P_i}{C_i} \quad (7)$$

где: P_i — единичный вес корма (добавки),

C_i — стоимость P_i

Перед началом расчетов, для балансирования рациона по питательному веществу i , максимально отклоненного от минимальной нормы слева или же выбранному по приоритету, формируется порядок кормов P_i в количестве m' (m' — количество только кормов).

Формирование порядка производится с соблюдением условия

$$\frac{n_{i,1}}{n'_{i,1}} \geq \frac{n_{i,2}}{n'_{i,2}} \geq \dots \geq \frac{n_{i,m'}}{n'_{i,m'}} \quad (8)$$

где i' — вид питательного вещества среди разновидностей i , величина которого в рассчитанном рационе максимально отклонена относительно минимального предела нормы вправо или влево. Математически это можно представить так:

$$\frac{|N_{r,i}^{min} - N_{r,i'}^p|}{N_{r,i'}} = \begin{cases} \max, & \text{при } N_{r,i}^{min} - N_{r,i'}^p < 0 \\ \min, & \text{при } N_{r,i}^{min} - N_{r,i'}^p > 0 \end{cases} \quad (9)$$

Примечание: В начальном цикле расчетов, когда еще не определены параметры рациона и $i=1$, i' берется равной 2 ($i'=2$).

Цикл расчетов делится на несколько этапов:

а) Операция

$$P_j^{min} + \alpha \Delta j \quad (10)$$

где α — целое положительное конечное число ($\alpha = 1, 2, \dots$).

б) Проверка условия

$$P_j^{min} + \alpha \cdot \Delta j > P_j^{max} \quad (11)$$

в) В случае использования максимального количества корма вида j , выражение (10) реализуется для $j+1$ и т. д., до удовлетворения условия:

$$N_{r,i}^{min} > N_{r,i} \quad (12)$$

или исчерпания всех видов кормов j , что и служит признаком перехода на следующий этап расчетов вместе с выполнением условия (12).

В случае прекращения расчетов по какому-либо признаку без выполнения условия (12), балансирование рациона обеспечивается включением в него определенного количества добавки соответствующего вида после окончания расчетов по всем видам i :

$$N_{r,i}^{min} = N_{r,i}^p + k \cdot n_{i,j} \quad (13)$$

где $K = \frac{N_{r,i}^{min} - N_{r,i}^p}{n_{i,j}}$ — коэффициент, определяющий количество добавки, необходимое для удовлетворения условия (13).

В связи с возможными выходами за пределы максимальных норм рассчитанных количеств питательных веществ рациона, в текущем варианте расчета после каждой интеграции по Δj проверяются условия:

$$N_{r,1}^p \leq N_{r,1}^{max}; N_{r,2}^p \leq N_{r,2}^{max}; \dots; N_{r,i-1}^p \leq N_{r,i-1}^{max} \quad (14)$$

тех значений $N_{r,i}^p$, которые удовлетворяли условию (13) до проведения текущего расчета. Если при этом встречаются новые значения $N_{r,i}^p > N_{r,i}^{max}$, то расчеты по текущему варианту прекращаются, после чего определяются $N_{r,i}^p$, которое принимается окончательным на данном этапе расчетов.

Таким образом, в результате получается условно-оптимальный рацион, в котором часть требований по содержанию питательных веществ удовлетворены полностью, а остальные по возможности максимально приближены к соответствующим зоотехническим нормам.

С целью упрощения разработки машинной программы, а также сокращения машинного времени расчетов в алгоритме управления процессом расчета оптимальных многовариантных суточных рационов кормления КРС, основное внимание было сосредоточено на балансировании рационов кормовыми единицами (КЕ), переваримым протеином (ПП), сырым протеином (СП), соотношении кальция (КО) к фосфору (ФС) и кислотных (КНС) к щелочным (Щ) веществам. Значение остальных компонентов при необходимости корректируется в пределах возможного, без ущерба вышеперечисленных т.н. «приоритетных» веществ. Ниже приведены блок-схема (рис. 2) и подробное описание моделирующего алгоритма, по которому составлена машинная программа для ЭВМ «Минск 22» под условным названием «Чехва».

После ввода исходной информации (оператор F_1), оператором A_2 производится определение шага моделирования (итерации) для каждого корма (добавки) согласно выражению (7), после чего формируются корма по такому порядку, когда преимущество при присвоении порядкового номера дается корму, у которого величина соотношения содержания ПП к содержанию КЕ выше. Подготовленный таким образом порядок набора позволит максимально использовать возможности кормов для удовлетворения требований к рациону по содержанию ПП при минимальном повышении содержания КН. Такой подход необходим при наборе кормов, содержащих больше КЕ относительно ПП.

Оператором A_4 определяются суммарные значения КЕ и ПП для заданных минимальных значений кормов. Дальнейший ход расчетов зависит от результата проверки оператора P_5 , определяемого наличие или отсутствие в предварительных данных варианта кормов и добавок карбамида. Если рацион содержит карбамид, оператором P_6 проверяется — расчетное значение КЕ удовлетворяет или

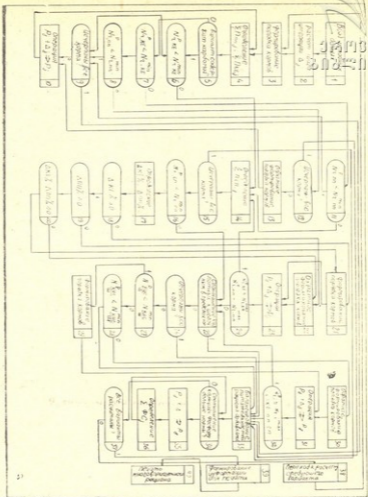


Рис. 2. Блок-схема моделирующего алгоритма расчета оптимизационных кормовых рационов крупного рогатого скота.

нет требования по минимальной норме. Если данное требование не удовлетворяется, управление, через оператор P_0 , передается оператору A_{10} , с помощью которого происходит повышение значения корма P_j , первым расположенного в ряду, соответствующей величинной шага итерации Δ_j . После этого вновь производится расчеты значений содержания КЕ и ШП при новом значении корма P_j и процесс повторяется до удовлетворения условия, проверяемого оператором P_6 . Если значение корма достигнет максимально допустимой ве-

личины, оператор A_{10} автоматически переходит на реализацию операции $P_j + \Delta_j$ для последующего $j+1$ корма и т. д. При этом не исключено, что будут использованы все ресурсы кормов, а условие проверяемое оператором P_6 — не выполняется. Поэтому, как было указано выше, оператору A_{10} управление передается только после удовлетворения условия, проверяемого оператором P_9 . Если же все корма исчерпаны, то управление передается оператору F_{33} . Если условие P_6 выполняется, то в связи с наличием карбамида, нет необходимости довести до нормы ИП. Поэтому управление передается оператору P_{14} .

Возвратимся к оператору P_5 . Если вариант рациона бескарбамидный, появляется необходимость в удовлетворении, в первую очередь, требований по содержанию ИП. Но при этом не исключено, что набор кормов будет богат именно протеином и беден кормовыми единицами. Поэтому алгоритм расчетов построен таким образом, что учитываются все возможные случаи. Последние в виде логической схемы сведены в таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1
Варианты содержания в рационе кормовых единиц (КЕ) и перевариваемого протеина (ИП)

№№ пп	КЕ	ИП	Логическая схема
1	1	1	Выход по $P_7^{10} P_{11}^{10}$ на A_{14}
2	1	0	Выход по $P_7^{10} P_{11}^{10}$ на P_9
3	0	1	Выход по $P_7^{11} P_9^{10} P_{12}^{10} P_{13} A_{10}$ на A_4
4	0	0	Выход по $P_7^{11} P_9^{11} P_{10} A_{10}$ на A_4

Поясним каждую позицию таблицы.

Позиция 1. Содержание КЕ и ИП в рационе не ниже зоотехнических норм. Если содержание КЕ и ИП или одного из них при минимальных значениях набора кормов уже превышает зоотехнические нормы, что при правильном составлении предварительных вариантов не должно иметь место, а также при удовлетворении зоотехнических норм, от оператора P_7 по стрелке 0 управление передается оператору P_{11} , от которого так же по стрелке 0 управление получает оператор A_{14} , который определяет суммарное значение содержания СП в рационе.

Позиция 2. Содержание КЕ в рационе удовлетворяет зоотехническим нормам (или выше них). ИП — ниже нормы. От оператора P_7 по стрелке 0 управление передается оператору P_{11} , от которого по

стрелке 1 управление поступает к оператору P_9 , определяющего наличие кормовых ресурсов в процессе расчета рациона. Если корма не исчерпаны по стрелке 0 управление передается оператору A_{10} для нового цикла расчетов. Если же все корма исчерпаны, управление передается оператору F_{33} для балансирования рациона добавками.

Позиция 3. Содержание ПП в рационе удовлетворяет зоотехническим нормам (или выше), КЕ — ниже. От оператора P_7 по стрелке 1 управление передается оператору P_8 , от которого по стрелке 0 управление передается оператору P_{12} . Если корма израсходованы не полностью, то оператором A_{13} производится формирование кормов в обратном порядке, т. е. по возрастающему порядку кормов в зависимости от содержания соотношений ПП и КЕ, после чего управление передается оператору A_{10} для нового цикла расчетов. Если корма израсходованы полностью, управление передается оператору F_{33} .

Позиция 4. Содержание КЕ и ПП в районе ниже зоотехнических норм. От оператора P_7 по стрелке 1 управление передается оператору P_8 , от которого, так же, по стрелке 1 управление передается оператору P_9 , определяющего наличие кормов в текущем потоке расчетов. Дальнейший путь расчетов зависит от выполнения условия, проверяемого оператором P_9 и аналогичен п. 3.

Блок балансирования рациона с требуемым количеством сырого протеина содержит все операторы с A_{14} по P_{24} включительно. После определения оператором A_{14} суммарного значения сырого протеина и проверки наличия кормов оператором P_{15} , оператор P_{16} определяет удовлетворено или нет зоотехническое требование по содержанию сырого протеина. Если зоотехническое требование удовлетворено, от оператора P_{16} по стрелке 0 управление передается оператору P_{25} , работа которого будет рассмотрена ниже. При удовлетворении же условия, проверяемого оператором P_{16} , т. е. содержание СП ниже минимальной нормы, необходимо повысить его значение добавлением к рациону кормов. При этом предварительно необходимо формировать порядок кормов в зависимости от отклонений значений КЕ и ПП от зоотехнических норм, выраженных в относительных единицах (процентах). Если содержание КЕ и ПП в рационе равно или выше минимальной нормы, то следует по возможности избегать использования или увеличения уже использованных кормов, богатых содержанием КЕ и ПП соответственно. В первом случае необходимо формировать порядок кормов по низкосопадающему соотношению $n_{cn \cdot j} : n_{kt \cdot j}$, а во втором — $n_{cn \cdot j} : n_{nc \cdot j}$.

В алгоритме описанная логика реализуется в блоке балансирования СП операторами A_{17} , P_{18} , P_{19} , P_{20} , Φ_{21} и Φ_{22} , после чего производится итерация шагом Δ_j оператором A_{23} . Однако обеспечение балансирования нового значения корма P_j расчет соответствующего значения

ния $\sum_1^j n_{сп,j}$ производится не сразу. Перед этим оператором P_{24}

проверяется, не вышла ли за пределы максимально допустимых норм значения уже сбалансированных веществ КЕ и ПИ. Если такого нарушения нет, то по стрелке 1 управление передается оператору A_{14} для проведения логического цикла расчетов при новом значении P_1 . Если же в каком-нибудь промежуточном цикле расчетов окажется, что значение КЕ и ПИ вышло за пределы максимально допустимой нормы, то балансирование по СП прекращается, фиксируется по-

лученное в последнем цикле значение $\sum_1^j n_{сп,j}$ и управление от

оператора P_{24} по стрелке 0 переходит к оператору P_{25} . Операторами P_{25} , P_{26} , P_{27} , P_{28} , Φ_{29} , Φ_{30} , A_{31} и P_{32} производится обеспечение соотношения кислотных и щелочных веществ в рационе в пределах предусмотренных зоотехнических норм. Если это соотношение меньше минимальной нормы, что проверяется оператором P_{27} , то по стрелке 1 управление передается оператору Φ_{29} , который формирует порядок кормов по низкопадающему соотношению содержащихся в корме кислотного вещества к щелочному. Если условие, проверяемое оператором P_{27} не удовлетворяется, то по стрелке 0 управление передается оператору P_{28} , который контролирует верхний предел соотношения. Если условие, проверяемое оператором P_{28} , не выполняется, по стрелке 0 управление передается оператору Φ_{30} , который производит формирование кормов в обратном порядке. Функция операторов A_{31} и P_{32} аналогичны A_{23} и P_{24} соответственно, с той лишь разницей, что оператор P_{32} дополнительно контролирует верхний предел содержания СП в рационе. Если нарушается условие, проверяемое оператором P_{32} , то по стрелке 0 управление передается оператору F_{33} . Сюда же поступает управление от оператора P_{28} , если соотношение кислотных веществ к щелочным находится в пределах норм.

Оператором F_{33} производится балансирование питательности рациона витаминными добавками, т. е. проверяет значения содержа-

ния питательных веществ и при необходимости добавлением соответствующих витаминов повышает их до требуемой нормы. При этом следует учесть, что в рационе должно быть соблюдено заданное соотношение содержания кальция к фосфору. Если это соотношение больше нормы, что проверяется оператором P₃₄, то по стрелке 1 управление передается оператору P₃₅, который производит добавление к рациону фосфора в количестве, удовлетворяющем требуемой норме соотношения. На этом расчет одного варианта условно-оптимального рациона заканчивается. Описанным способом цикл расчетов повторяется до пересчета всех вариантов, количество которых контролируется оператором P₃₇. После удовлетворения условия, проверяемого оператором P₃₇, по стрелке 1 управление передается оператору Ф₃₉, который подготавливает расчетные результаты для печати. Оператором Я₄₀ производится выдача результатов на печать по форме выходного документа.

Опытно-производственная эксплуатация ПК «Чехва» осуществлялась с сентября по декабрь 1975—77 гг. Были выданы рационы более 100 хозяйствам ГССР. Экономический эффект от внедрения в производство рационов, рассчитанных на ЭВМ, в среднем составил около 30 рублей в год на одну дойную корову.

Как показали результаты сравнительных опытов, при разработанном неклассическом подходе к решению задачи, рассчитанные по ПК «Чехва» рационы по своему содержанию и качеству практически совпадают с рассчитанными по «Мелене»; при этом экономическая эффективность при расчете одного рациона составляет 7 руб. 33 коп. (табл. 2). В данных, приведенных в таблице, принято, что составлением матрицы занят один ст. экономист (математик) с окладом 120 рублей. Оплата за 1 минуту работы составляет

$$\frac{12000}{22 \times 8 \times 60} = 1,1 \text{ коп.}$$

Перфорацией занимается перфораторщица с окладом 80 рублей. Расчеты на ЭВМ и подготовку к сдаче выходных документов (вариантных рационов) ведет оператор с окладом 80 рублей. Оплата за 1 минуту работы перфораторщицы и оператора составляет

$$\frac{8000}{22 \times 8 \times 60} = 0,6 \text{ коп.}$$

Сравнительная оценка произведена без учета корректировки и повторных расчетов, объем которых у «Мелены» значительно больше.

В настоящее время составлен и утвержден Главным управлением химизации МСХ СССР рабочий проект «Расчет многовариантных

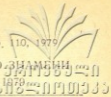
Сравнительная оценка себестоимости рациона программных комплексов
«Мелена» и «Чехва»

№№ п/п	Наименование операции	Продолжи- тельность операции в мин.		Стоимость операц.й. коп		Стоимость рациона, коп.		Экон. эффект на рацион	меча- ние
		„Ме- лена“	„Че- хва“	„Ме- лена“	„Чех- ва“	„Ме- лена“	„Чех- ва“		
1	Составление матрицы	120	30	132	32				
2	Составление вари- антов	3	5	3,3	5,5				
3	Описание матрицы	90	—	99	—				
4	Перфорация матрицы	90	30	54	18				
5	Перфорация вариан- тов	5	10	5,5	11	1054,6	321,7		
6	Расчет и выдача од- ного рациона: а) работа ЭВМ б) работа оператора	15 18	5 7	750 10,8	250 4,2			732,9 коп = 7 руб. 33 коп.	Расчеты произведены без учета затрат за отечественка подготовк. исход информации объемом которых одолаков для «Безк прогр. мн.

условно-оптимальных суточных рационов кормления КРС на ЭВМ «Минск-22», который является руководящим документом для всех агрохимических центров, занимающихся управлением процесса кормления животных с применением ЭВМ «Минск-22».

Л и т е р а т у р а

1. Р. Г. Кравченко. Экономико-математические модели задач по сельскому хозяйству. «Экономика», М., 1965.
2. Б. В. Смирнов. Техника управления сельскохозяйственным производством, «Колос», М., 1972.



УДК 631.437.1/5

А. А. ВАШАКИДZE

К ВОПРОСУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Намеченный партией и правительством курс на интенсификацию сельскохозяйственного производства обуславливает необходимость поиска новых резервов производительности труда и урожайности сельскохозяйственных растений.

С ростом благосостояния увеличиваются потребности в продуктах питания, планируются мероприятия по повышению урожайности и на субтропических культурах. Высокие урожаи не могут быть обеспечены естественными процессами происходящими в почве. В почве постоянно происходят физические, химические и биохимические процессы, влияющие на ее формирование и обеспечивающее основное свойство — плодородие.

Необходимые питательные элементы: азот, фосфор, калий дается растениям извне, внесенном в почву удобрений, которое дает возможность активно влиять на круговорот в земледелии и целенаправленно повышать плодородие почвы. В ГССР субтропические культуры выращиваются на красноземах.

Субтропические красноземы распространены в Закавказье на всех участках, благоприятных по условиям рельефа они распаханы и используются под цитрусовые культуры. Эти почвы распространены в Западной Грузии (с высотами от 80 до 200 м над уровнем моря) образующие прерывистую дугу, начинающие под Сухуми и окаймляющие Колхидскую низменность уходя на юг в пределах Турции. Годовая сумма осадков колеблется от 1500 мм до 800 мм причем осадки всегда преобладают над испаряемостью. По агрохимическим свойствам красноземы резко отличаются от других типов почв Советского Союза. Обилие атмосферных осадков и высокая температура способствует выщелачиванию питательных элементов.

Эти почвы характеризуются высокой кислотностью, педасицичностью основаниями, однородностью и хорошими физическими свойствами.

Применение минеральных удобрений очень эффективно влияет на урожайность: на чайных плантациях эффективность достигает 249%, а на апельсиновых деревьях 211%. Применение минеральных удобрений вызывает увеличение не только подвижных форм питательных элементов, но и общего их содержания. Например 50 мг подвижного фосфора на 100 г почвы достаточно для обеспечения субтропических культур, а после внесения удобрений не усвоенной остается примерно 70 мг, которая переходит в недоступную молекулярную форму. Азотные удобрения частично переходят в состав органических соединений и 20—40% азотнитратных удобрений в почве закрепляется в недоступной форме.

Постепенная минерализация этих веществ дает постоянный приток ионов, которые усваиваются корнями растений. Растение через корневую систему поглощает из почвы питательные элементы в виде катионов, анионов и других соединений.

Большое практическое значение имеет разработка и исследование способов и средств переводящих питательные элементы из недоступной в доступные формы для усвоения растениями и изучение процессов происходящих при этом в почве.

Механическая обработка почвы косвенно способствует активизации химических процессов, а с целью обогащения вносят химические удобрения и большинство элементов, как отмечалось выше, вводимых искусственным путем, как правило переходят в недоступную форму для растений.

Одним из способов влияющих на химические процессы является использование электроэнергии непосредственно в технологических процессах, т. е. электровоздействие на почву.

Электрический метод обработки почвы может изменить структуру почвы, он сопровождается электрофизическими факторами, совместное действие которых приводит к активизации некоторых химических соединений, к изменению электрофизических характеристик. Эти характеристики в зависимости от химического состава почвы недостаточно изучены, что не позволяет разработать технические средства, для электрообработки почвы. Центр тяжести исследований переносится с конструктивных разработок в область технологических исследований и анализа особенностей процессов, протекающих в почвах, переходящий в исследования физико-химичес-

ких процессов протекающих в разных фазах почвы под электровоздействием.

Для разработки метода электровоздействия, создания автоматического электрообрабатывающего устройства, использования электрических параметров в качестве показателя агрохимических состояний почвы необходимо:

— Исследовать почву как объект управления, подвергающийся электровоздействию.

— Разработать схему для измерения и оценки электрических параметров почвы с целью включения этой схемы в систему автоматического управления обрабатывающего устройства.

— Разработать автоматическое устройство (энергетический источник, рабочие органы, системы управления и т. д.) реализующее заданный закон электровоздействия.

Основные факторы влияющие на электрические параметры почвы, электрокинетические явления в почвенных растворах — определяющий характер почв в одной из основной фазе.

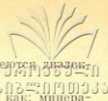
Почва состоит: из твердой фазы, жидкой фазы — или почвенного раствора и газовой фазы — почвенного воздуха, которые находятся в тесном взаимодействии между собой.

Почвенный раствор — наиболее изменяющаяся и активная часть почвы, здесь совершаются химические процессы и растения поглощают основные питательные вещества. Почвенный раствор представляет собой почвенную влагу, в которой растворены минеральные и органические соединения. В нем могут присутствовать анионы, катионы, водорастворимые органические соединения и газы. Для питания растений особенно важно присутствие в почвенном растворе ионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; NH_4^+ ; NO_3^- ; SO_4^{2-} ; $H_2PO_4^-$, которые поглощаются корнями растений.

Для постоянного обеспечения растений элементами питания необходимо, чтобы концентрация их в почвенном растворе поддерживалась на определенном уровне за счет поступления этих элементов из твердой фазы почвы.

В жидкой фазе равновесная концентрация элементов, необходимых для развития растений, зависит обеспеченность растений элементами питания, что характеризует плодородие почвы.

В почве как сложнейшем физико-химическом соединении, встречаемся с элементами обладающими различными электрическими свойствами. В электрическом поле почва обнаруживает следующие физические свойства:



- Она характеризуется электропроводностью;
- Диэлектрической проницаемостью;
- В переменном электрическом поле в почве имеются диэлектрические потери.

Эти параметры почвы зависят от таких факторов как: минералогический состав, пористость, влажность, температура, от минерализации поровых вод, от структуры.

Почва обнаруживает проводимость всех видов:

- в слабой степени — электронной (для хорошо проводящих компонентов твердой фазы);
- диэлектрической (для плохо проводящих элементов минеральной части);
- ионной (для почвенного раствора).

Различают два типа ионной проводимости:

1. Эл-проводность, связанная с движением ионов кристаллической решетки — собственная электропроводность.
2. Электропроводность, связанная с движением слабо закрепленных ионов, расположенных в дефектных местах кристаллической решетки.

Почва в сухом состоянии полностью аналогична неоднородным диэлектрикам. Во влажных почвах совершенно очевиден ионный характер проводимости. Ионы ответственные за перенос электричества через раствор, образуются после химических реакций. Из трех фаз почвы твердая фаза, газ, влага — первые два по сравнению с третьим характеризуются ничтожными диэлектрическими потерями и малой диэлектрической проницаемостью.

В связи с решающей ролью почвенного раствора, именно его особенности определяют электрические характеристики в целом, их температурный ход и электрокинетические явления:

1. Электроосмос.
2. Электрофорез.
3. Поляризацию (электронная, ионная, дипольная, структурная, низкочастотная).
4. Частотная дисперсия и
5. Молекулярная диссоциация, при которой происходит распад молекул на ионы.

Изменением электропроводности можно управлять электрокинетическими явлениями и создать основу для практически существенной меры — электрообработки почвы. Вот в таких важных для агрономии, почвоведения и земледелия, теоретических и практических задачах, может быть использовано знание электрических параметров почвы.

Литература

1. С. В. Нерлин, А. Ф. Чудновский. «Физика почвы», 1967.
 2. С. Г. Хазипова. К вопросу о проведении электрического тока через корневую систему растений. Н. т. НИИМЭСХ, Северо-запада, 1968.
 3. Т. Л. Челидзе. К вопросу о зависимости электрических характеристик горных пород от частоты поля. Тбилиси, 1963.
- Smith-Rose R. L. Electrical measurments on soil with alternating current. Journal of Institution of Electrical engineers V. 72 1934
4. Smith-Rose R. L. Electrical measurments on soil with alternating currnent. Journal of Jstitution of Electrical evgineers. V, 72, 1934.
-



ქართული
სოფლისმეურნეობის
საერთაშორისო უნივერსიტეტი

ჰიდრომელიორაცია

ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ

УДК 627.833

Б. М. ЧИКВАШВИЛИ, И. Д. МУЗАЕВ

**ВЫВОД ДВУМЕРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ В ПОЛЯРНЫХ
КООРДИНАТАХ ОТКРЫТОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА
В ПРИБЛИЖЕНИИ ТЕОРИИ МЕЛКОЙ ВОДЫ**

В современной математической гидравлике для решения важных задач гидротехники, гидрологии и гидромелиорации широко применяются дифференциальные уравнения неустановившегося плавно-изменяющегося движения в открытых руслах в одномерной идеализации [1].

Такая идеализация приемлема для потоков, поперечные размеры которых малы по сравнению с продольными (потоки в призматических или почти призматических руслах). Однако, как показывают наблюдения потоков в резко расширяющихся или сужающихся руслах, линии тока сильно искривляются и одномерная идеализация задачи может привести к существенным погрешностям, так как поперечные составляющие скорости сравнимы с продольными и ими нельзя пренебречь. В подобных задачах становится необходимой их плановая идеализация.

Допустим, что в цилиндрической системе координат r, θ, z ось r направлена по течению потока, ось z направим вверх.

В приближении теории мелкой воды уравнение турбулентного течения жидкости будут иметь следующий вид:

$$\frac{\partial V_r}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r} (V_r^2) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{V_r V_\theta}{r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} (V_r V_z) - \frac{V_r^2}{r} =$$

$$= F_r - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + R_r \quad (1)$$

$$\frac{\partial V_\theta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r}(V_r V_\theta) + \frac{\partial}{\partial \theta}\left(\frac{V_\theta^2}{r}\right) + \frac{\partial}{\partial z}(V_z V_\theta) =$$

$$= F_\theta - \frac{1}{\rho r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + R_\theta$$

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial V_z}{\partial z} + \frac{V_r}{r} = 0 \quad (3)$$

$$P = \rho g(h - z) \quad (4)$$

где приняты следующие обозначения: V_r , V_θ , V_z — составляющие вектора скорости соответственно на осях r, θ, z ; t — время, g — ускорение силы тяжести. F_r и F_θ — составляющая силы тяжести на осях r и θ . $h = h(r, \theta, t)$ — уравнение свободной поверхности. p — гидродинамическое давление, ρ — плотность жидкости. R_r и R_θ — связанные с молекулярным и турбулентным трением потока.

Интегрируем уравнение (3) по z в пределах $(0, h)$

$$\int_0^h \frac{\partial V_r}{\partial r} dz + \frac{1}{r} \int_0^h \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} dz + \int_0^h \frac{\partial V_z}{\partial z} dz + \frac{1}{r} \int_0^h V_r dz = 0 \quad (5)$$

Обратимся к известной формуле дифференцирования под знаком интеграла (2).

$$\frac{d}{d\alpha} \int_{a(\alpha)}^{b(\alpha)} f(x, \alpha) dx = \int_{a(\alpha)}^{b(\alpha)} \frac{\partial f}{\partial \alpha} dx + f(b, \alpha) \frac{db}{d\alpha} - f(a, \alpha) \frac{da}{d\alpha} \quad (6)$$

Интегралы, входящие в (5) по этой формуле преобразуются к виду

$$\int_0^h \frac{\partial V_r}{\partial r} dz = \frac{\partial}{\partial r} \int_0^h V_r dz - V_{r,h} \frac{dh}{dr} \quad (7)$$

$$\int_0^h \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} dz = \frac{\partial}{\partial \theta} \int_0^h V_\theta dz - V_{\theta,h} \frac{\partial h}{\partial \theta} \quad (8)$$

где

$$V_{r,h} = V_r(r, \theta, h, t), \quad V_{\theta,h} = V_\theta(r, \theta, h, t).$$

Подставим (7) и (8) в (5) получим:

$$\frac{\partial}{\partial r} \int_0^h V_r dz + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \int_0^h V_\theta dz + \frac{1}{r} \int_0^h V_r dz - V_{r,h} \frac{\partial h}{\partial r} - \frac{V_{\theta,h}}{r} \frac{\partial h}{\partial \theta} + V_{z,h} - V_{z,0} = 0.$$

где

$$V_{z,h} = V_z(r, \theta, h, t), \quad V_{z,0} = V_z(r, \theta, 0, t).$$

Нетрудно заметить, что

$$V_{z,h} = \frac{dh}{dt} + W^* \quad (10)$$

где W^* — скорость испарения дождевого осадка на единице площади свободной поверхности потока.

Введем средние скорости по глубине следующим образом

$$U = \frac{1}{h} \int_0^h V_r dz, \quad V = \frac{1}{h} \int_0^h V_\theta dz \quad (11)$$

Подставим (10) и (11) в (9) получим:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ruh) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (Vh) = W^* - W_0 \quad (12)$$

где W_0 — скорость испарения дождевого осадка на единице канала.

Выражение (12) является гидравлическим уравнением неразрывности открытого потока в полярных координатах.

Перейдем теперь к выводу динамических уравнений. Интегрируем уравнения (1) и (2) по z в пределах $(0, h)$, и преобразуем интегралы по формуле (6)

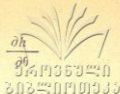
$$\int_0^h \frac{\partial V_r}{\partial t} dz = \frac{\partial}{\partial t} (Uh) - V_{r,h} \frac{\partial h}{\partial t}.$$

$$\int_0^h \frac{\partial V_\theta}{\partial t} dz = \frac{\partial}{\partial t} (Vh) - V_{\theta,h} \frac{\partial h}{\partial t}.$$

$$\int_0^h \frac{\partial}{\partial r} (V_r^2) dz = \frac{\partial}{\partial r} (\alpha_1 U^2 h) - V_{r,h}^2 \frac{\partial h}{\partial r}$$

$$\int_0^h -\frac{\partial}{\partial \theta} (V_0^2) dz = \frac{\partial}{\partial \theta} (\alpha_2 V^2 h) - V^2 \cdot h \cdot \frac{\partial h}{\partial \theta}$$

$$\int_0^h \frac{\partial}{\partial r} (V_r V_\theta) dz = \frac{\partial}{\partial r} (\alpha_3 UVh) - \Gamma_{r,h} \cdot V_\theta \cdot h$$



Учитывая выражение (10) получим:

$$\frac{\partial}{\partial t} (Uh) + \frac{\partial}{\partial r} (\alpha_1 U^2 h) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\alpha_3 \frac{UV}{r} \right) - \frac{\alpha_1 U^2}{r} =$$

$$= F_r h - g \frac{\partial h}{\partial r} + \int_0^h R_r dz$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (Vh) + \frac{\partial}{\partial r} (\alpha_2 h UV) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{\alpha_3 V^2}{r} \right) = F_\theta h - \frac{g}{r} \frac{\partial h}{\partial \theta} + \int_0^h R_\theta dz$$

где α_1 , α_2 и α_3 полные коррективы количества движения определяемые следующим образом:

$$\alpha_1 = \frac{\int_0^h V_r^2 dz}{hU^2}, \quad \alpha_2 = \frac{\int_0^h V_\theta^2 dz}{hV^2}, \quad \alpha_3 = \frac{\int_0^h V_r V_\theta dz}{hUV}$$

Рассмотрим теперь члены, связанные с потерями

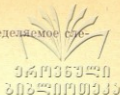
$$i_r = \int_0^h R_r dz, \quad i_\theta = \int_0^h R_\theta dz$$

Если бы линии тока и траектории вектора скорости $\vec{W}(U, V)$ были прямолинейны (т. е. не искривлялись бы в плане), то величина потери на трение i_r была бы вполне аналогична гидравлическому трению в одномерном случае. Однако, искривление траектории вектора скорости вызывает возникновение дополнительных местных потерь напора, не зависящих от шероховатости русла. Дополнительный гидравлический уклон, вызываемый искривлением линии тока, определяется по формуле (3).

$$i_r' = \lambda \frac{W^2}{g|R|}$$

где R — радиус кривизны линии тока вектора W определенное следующим образом (3)

$$|R| = \frac{|W|^3}{\left| \left[\vec{W}, \frac{d\vec{W}}{dt} \right] \right|}$$



Параметр λ можно связать с параметром из формулы Вейсбаха для коэффициента сопротивления в закруглениях трубы (3).

Учитывая вышесказанное можно написать:

$$\int_0^h R_r dr = -g \frac{WU}{C^2} - \lambda h \frac{WU}{|R|}$$

$$\int_0^h R_\theta dz = -g \frac{WV}{C^2} - \lambda h \frac{WV}{|R|}$$

где C — коэффициент Шези.

Окончательно система уравнений (13), (14), (12) может быть записана так

$$\frac{\partial}{\partial t} (hU) + \frac{\partial}{\partial r} (\alpha_1 U^2 h) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\alpha_2 \frac{hUV}{r} \right) - \frac{\alpha_1 h U^2}{r} =$$

$$= g h \sin \alpha - g h \frac{\partial h}{\partial r} - g \frac{|W|U}{C^2} - \lambda h \frac{|W|U}{|R|} \quad (15)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (Vh) + \frac{\partial}{\partial r} (\alpha_2 hUV) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{\alpha_2 V^2}{r} \right) = g h \sin \beta - g \frac{h}{r} \frac{\partial h}{\partial \theta} -$$

$$- g \frac{|W|V}{C^2} - \lambda h \frac{|W|V}{|R|} \quad (16)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rUh) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (hV) = W^* - W_0 \quad (17)$$

где α и β углы наклона ос r и θ к горизонту.

Система (15)—(17) представляет гидравлические уравнения в полярных координатах двумерного открытого турбулентного потока в приближении теории мелкой воды (приближение Сен-Венана).

Рассмотрим частные случаи:

1. Движение жидкости стационарно и одномерно, т. е.

$$V=0, U=U(r), h=h(r), W^*-W_0=0.$$

Уравнение (17) принимает следующий вид

$$\frac{d}{dr} (rUh) = 0$$



საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია (18)
საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემია

Интегрируя (18) получим:

$$U = \frac{q}{rh} \quad q = \text{const} \quad (19)$$

В этом случае линии тока являются прямыми и поэтому $R = \infty$.
Уравнение (15) принимает следующий вид:

$$-\frac{\alpha_1 U^2 h}{r} = gh \sin \alpha - gh \frac{\partial h}{\partial r} - g \frac{U^2}{C^2} \quad (20)$$

Подставим (19) в (20) получим для $\frac{\partial h}{\partial r}$ следующее выражение

$$\frac{dh}{dr} = \sin \alpha - \frac{q^2}{C^2 h^3 r^2} + \frac{\alpha_1 q^2}{g r^2 h^2}$$

Система уравнений (15), (16), (17) является более общим, чем система уравнений двумерного планового потока, полученная в [4], в которых не учтены локальные производные по времени и силы сопротивлений.

Л и т е р а т у р а

1. С. А. Христианович. Неуставившееся движение в каналах и реках — в кн.: «Некоторые новые вопросы механики сплошной среды». Изд. АН СССР, 1938.
2. В. И. Смирнов. Курс высшей математики, т. I, Физматгиз, 1969.
3. Н. А. Картвелишвили. Потоки в недеформируемых руслах. Гидрометеонздат. 1973.
4. Б. Т. Емцев. Двумерные бурные потоки. «Энергия», 1967.

УДК 631.6.02

Г. Е. ТУГУШИ

**РЕЗУЛЬТАТЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ
 РАЗВИТОЙ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА**

Создателем классической теории поверхностного полива является основоположник советской мелноративной науки академик Костяков А. Н. [7].

Эта теория, созданная более 60 лет тому назад, подверглась широкой экспериментальной проверке как в различных регионах нашей страны, так и за рубежом. В результате этой проверки обнаружилось, что в ряде случаев опытные факты значительно отклонялись от теории или вообще не находили объяснения в рамках этой теории. Поэтому начали вводить поправки в данную теорию в виде различных экспериментальных коэффициентов [1, 5 и др.] — с одной стороны, и поиски новых теорий [6, 7, 9, 10 и др.] — с другой стороны.

Как известно [2 и др.], один из научно-философски наиболее обоснованный метод исследования сложных процессов и систем заключается в том, что из сложного единного процесса надо выделить отдельные сравнительно простые процессы, выявить их фундаментальные характеризующие параметры, количественное изменение которых можно выразить аналитическим видом, а далее объединением и обобщением указанных элементов получить единую физико-математическую картину сложного, реального процесса. Исследованная таким путем нами получена новая теория поверхностного полива, которая охватывает все положительные знания классической теории акад. Костякова А. Н. и является ее уточнением, совершенствованием и обобщением для различных почвенно-рельефных и гидравлических условий. Поэтому эта теория названа развитой классической теорией, сущность которой изложена в работах [11—16]. В данной теории, в отличие от всех других, в процессе полива разли-

чаются физически явные две фазы. В первой фазе расход воды по-
данной в голову поливных борозд или полос больше расхода воды
впитавшейся в почву по длине потока. В какой-то момент времени,
названный критическим моментом, когда струя пройдет путь l_{kp} , эти
расходы становятся равными между собой и с этого момента начи-
нается вторая фаза, при которой продвижение фронта струи в пе-
риод, обусловлена уменьшением средней скорости впитывания воды
в почву по длине потока.

График функции добегаания струн $l(t)$ в логарифмическом ана-
морфозе выражается двумя прямыми или почти прямыми линиями,
пересекающихся или перегибающихся в критической точке (l_g, t_{kp}
 $l_g t_{kp}$), в зависимости от почвенно-рельефных гидравлических и
других условий. Первая ветка графика от начала до критической
точки соответствует первой фазе движения, а вторая ветка — далее
от критической точки — во второй фазе.

Выяснилось, что уравнение добегаания струн с высокой точно-
стью можно выразить в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} lgt &= l_g t^{\lambda_1} + \alpha_1 lgt, & \text{когда } lgt \leq lgt_{kp} \\ lgt &= l_g t^{\lambda_2} + \alpha_2 lgt, & \text{когда } lgt > lgt_{kp} \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\text{где: } \lambda_1 = \frac{q}{\rho K_0 D} \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \left(\frac{1}{t_{kp}} \right)^6 \quad (3)$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \alpha \quad (4)$$

$$l_1 = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \quad (5)$$

В этих выражениях приняты следующие обозначения:

q — расход воды в голове поливных борозд и полос;

ρ — т. н. активный смоченный периметр борозды;

K_0 и α — параметры, входящие в известную формулу впитывания
воды в почву акад. Костякова А. Н.;

D — коэффициент, учитывающий различие между средними скоро-
стями впитывания в гоовном створе и по длине потока, значе-
ния которого колеблются в узком интервале от 0,78 до 0,82 и в
среднем можно принять $D=0,80$.

Нанесением опытных данных lgt и $l_g l$ в логарифмической

системе координат и изображением соответствующего графика. Можно непосредственно определить параметры α_1 , α , lgl_1 , lgl_{kp} , lgt_{kp} и lgl_{kp} . В частности α_1 и α являются тангенсами угла наклона к оси абсцисс первой и второй ветки графика, соответственно; lgl_{kp} — отрезок на оси ординат, в котором пересекаются продолжения первой и второй ветки графика, соответственно; lgt_{kp} и lgl_{kp} — координаты точки пересечения указанных веток. Остальные параметры можно определить по выражениям (2—5). В частности, зная фактические значения величины q и ρ , параметр k_0 можно определить из выражения (2).

Следует отметить, что в некоторых случаях критическая точка lgt_{kp} , lgl_{kp} трудно или совсем не обнаруживается. Дело в том, что в одних случаях, когда водопроницаемость почвы большая, а расход воды и уклон местности малы, тогда критическая точка находится близко к началу процесса (5—15 мин), в основном имеет место вторая фаза движения струв, вследствие чего фактические данные первой фазы нередко ошибочно считаются погрешностями опыта. В других случаях, когда почвы слабоводопроницаемые, а расходы и уклоны большие, тогда критическая точка находится далеко от начала процесса (10+20 часов и даже больше). Так что, если поливные борозды и полосы недостаточно длинные, то вторая фаза движения может совсем не наступить, т. е. в основном будет иметь место первая фаза движения. В таких случаях, нередко, определенные по опытным данным, значения параметров α_1 и l_1 ошибочно принимаются за истинные значения параметров α и l . В действительности же $\alpha_1 > \alpha$ и $l_1 > l$. Это приводит к тому, что в таких случаях определенные по опытным данным параметры скорости впитывания воды в почву α и k_0 окажутся больше, чем их истинные значения.

Кроме вышеуказанных предельных случаев, критическая точка перехода первой фазы движения во вторую, почти всегда обнаруживается в процессе полива.

Несмотря на то, что вышеуказанная теория подтверждается т. н. логическим опытом, нами была произведена ее экспериментальная проверка в различных орошаемых объектах в условиях Грузии.

Методика полево-экспериментального исследования и результаты проверки, которые подтвердили достоверность предложенной теории, изложены в работах [15—16]. В данной работе указанная

теория проверяется по опытным данным различных авторов, проведенных в различных регионах нашей страны.

Внешним признаком достоверности этой теории является то, что график зависимости между $\lg t$ и $\lg I$ выражается двумя, тремя, прямыми, или почти прямыми линиями, пересекающимися в одной точке (Igt_{kp}) или перегибающихся около нее, а в вышеотмеченных предельных случаях возможно также, что указанный график выразится с одной прямой или со слабой кривизной в конечных участках этой прямой.

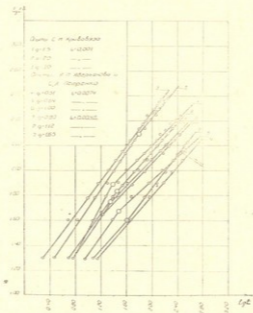


Рис. 1

Опыты (рис. 1, график 1, 2, 3) С. М. Кривовязя [8] были проведены в Голодной стене. Почвы — средние-суглинистые, солончаковатые сероземы. При расходах борозды $q=1,5 \frac{\text{л}}{\text{сек}}$ и $q=2 \frac{\text{л}}{\text{сек}}$ (график 1 и 2) наглядно выражен перелом графика, т. е. в этих случаях имеют место обе фазы процесса полива. При расходе $q=3 \frac{\text{л}}{\text{сек}}$ (гр. 3) график выражается только с одной прямой линией. Это означает, что процесс полива не охватывает критическую точку и наблюдается только первая фаза процесса.

Опыты (рис. 1, гр. 4—9, рис. 2, гр. 10—12) А. П. Аверьянова и Петренко [1] были проведены в Саратовской области. Почвы — тяжело-суглинистые темно-каштановые. При малом расходе борозды (гр. 4) график выражается одной прямой линией. Это указывает на то, что критическая точка находится где-то в начале процесса и проведенным наблюдением не обнаружилась. Опытные данные в этом случае относятся ко второй фазе процесса полива. Все остальные опыты Аверьянова и Петренко охватывают обе фазы процесса. Опыты (рис. 2, гр. 13) П. Б. Аракелова [3] были проведены в

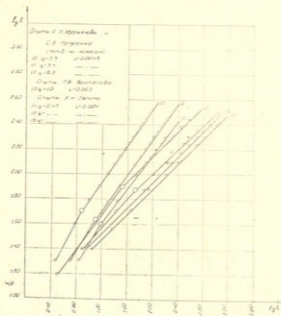


Рис. 2.

Ташкентской области на лугово-болотных тяжело-суглинистых почвах.

Как видно из графика, в этом случае ярко выражены обе фазы процесса полива.

Весьма интересными являются опыты (рис. 2, гр. 14—16), проведенные А. Н. Ляпиным [10] в той же Ташкентской области. Поливы проводились по трем разным видам борозд: утрамбованными дважды проходом колес трактора (гр. 14); с одним проходом колес (гр. 15) и неутрамбованными (гр. 16). Графики 15 и 16 представляют одну прямую линию, что указывает на то, что из-за значи-

тельной проницаемости почвы критическая точка находится где-то в начале процесса ($l_{кр} < 25$ м), которая в сфере наблюдений не по-

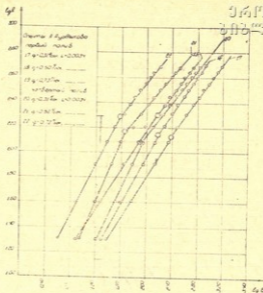


Рис. 3.

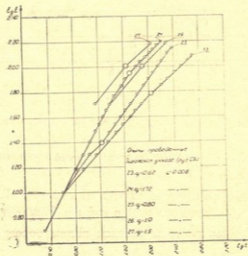
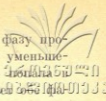


Рис. 4.



пала и, следовательно, опытные точки отражают вторую фазу процесса. А в бороздах утрамбованных два раза, вследствие уменьшения водопроницаемости почвы, критическая точка уже вышла за сферу наблюдений и соответствующий график 14 отражает вторую фазу процесса.


Опыты (рис. 3, гр. 17—22) А. Дурдикова [4] были проведены в условиях подгорной равнины Копет-Дага. Почвы — такировидные средне-суглинистые сероземы. В одних и тех же бороздах, с одними и теми же расходами, поливы проводились несколько раз. Графики 17—19 относятся к первому поливу, а 20—22 — четвертому. Все графики отражают обе фазы процесса полива.

Опыты (рис. 4, гр. 23—27) проведены нами в Дигомском учхозе Груз. СХИ, на лугово-елювяльных суглинистых почвах. Как видно из графиков все они отражают обе фазы процесса полива.

В заключении можно сказать, что приведенные экспериментальные материалы еще раз подтверждают достоверность развитой классической теории поверхностного полива и ее приемлемость в глобальных условиях.

Л и т е р а т у р а

1. А. П. Аверьянов, С. А. Петренко. Некоторые результаты исследований и расчет основных элементов техники полива по бороздам и полосам на примере Межузенской оросительной системы. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института механизации и техники полива, том III, Коломна, 1972.
2. Т. А. Анчурин, М. Ф. Веденеев, Ю. В. Сачков. Познавательная роль математического моделирования. Изд. «Знание», М., 1968.
3. П. Б. Аракелов. Элементы техники полива хлопчатника для левобережной части р. Чирчик. Гидротехника и мелиорация в условиях Узбекистана. Сборник научных трудов ТИИМСХ, выпуск 58, Ташкент, 1973.
4. А. Дурдиков. Изучение элементов техники бороздкового полива хлопчатника для различных уклонов на сероземах подгорной равнины Копет-Дага. Автореферат кандидатской диссертации, Ашхабад, 1973.
5. К. А. Жарова. Техника полива по бороздам на больших уклонах Чуйской долины. Фрунзе, 1961.

- 
6. Р. М. Киладзе. К вопросу реализации эффективных поверхностных поливов без пригационной эрозии. Эрозионные и селевые процессы и борьба с ними. Сборник ГрузНИИТиМ, выпуск 5, Тбилиси, 1976.
7. С. М. Кривовяз. Некоторые результаты исследования по технике полива на новых землях Голодной степи. Журн. Гидротехника и мелиорация, № 8, 1963.
8. А. Н. Костяков. Основы мелиорации. Сельхозгиз, М., 1960.
9. Н. Т. Лактаев. Теоретическое обоснование технологии полива сельскохозяйственных культур по бороздам. Техника полива сельскохозяйственных культур. Научные труды «Колос», М., 1972.
10. А. Н. Ляпин. Нормированный полив хлопчатника по бороздам. Гидротехника и мелиорация в условиях Узбекистана. Сборник научных трудов ТИИМСХ, вын. 58, Ташкент, 1973.
11. Г. Е. Тугуши. Новые исследования по теории наземного полива. Труды Груз. СХИ, т. XXXII—XXXIII, Тбилиси, 1972.
12. Г. Е. Тугуши. К теории самотечного полива. Тр. Груз. СХИ, т. ХС, 1974.
13. Г. Е. Тугуши. Теория самотечного полива, исходя из геометрических интерпретации процесса. Тр. Груз. СХИ, т. ХС, 1974.
14. Г. Е. Тугуши. О средней скорости впитывания воды в почву при поливе. Тр. Груз. СХИ, т. ХСVI, 1976.
15. Г. Е. Тугуши. Результаты экспериментальной проверки развитой классической теории поверхностного полива. Тезисы докладов Научной сессии, посвященной 60-летию Великой Октябрьской Социалистической Революции, Тбилиси, 1977.
16. Г. Е. Тугуши. К методике полево-экспериментальных исследований по технике поверхностного полива. Тр. Груз. СХИ, т. 10, 1978.
-



А. Л. САХВАДЗЕ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ САПРОПЕЛЕВОЙ МАССЫ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Самым рациональным способом транспортирования сапропелевой массы от месторождения до объекта назначения, является перекачка напорными трубопроводами, длина которых зависит от напора землесоса, гидравлических потерь и от технико-экономических показателей.

Сапропели можно отнести к категории илистых грунтов [1, 2], содержащих в своем составе большое количество пылеватых и коллоидных частиц, и вполне естественно, что во время движения сапропелевой пульпы по напорному трубопроводу все частицы транспортируются во взвешенном состоянии, в результате чего получается двухкомпонентная однородная пластично-вязкая масса.

К изучению вопроса напорного гидротранспорта вязких масс посвящены многочисленные теоретические и экспериментальные работы как отечественных, так и зарубежных исследователей. (Р. И. Шищенко, А. П. Юфин, А. З. Евилевыч, Б. С. Филатов, В. Н. Чураев, М. Н. Рейнер, М. П. Волорович, Д. Л. Меламут, А. Х. Мирзаджанзаде, Н. М. Москалев, Н. А. Силин, А. Е. Смолдырев, Ю. К. Витошкин, Б. И. Есьман, В. В. Трайнис, Р. Дюран, Д. Денни, Гибсон, Бэббит, Колдвелл и др.).

Проведенные исследования показали, что чем больше содержание дисперсной системы пылеватых и коллоидных частиц, тем сильнее отличаются течения по трубопроводам от обычных однокомпонентных однородных жидкостей (воды, масел и др.).

Благодаря наличию илистых и коллоидных частиц, сапропелевая пульпа обладает рядом аномальных свойств не присущих обычным жидкостям, отчасти и этим определяется закономерность изме-

нения косвенных показателей, интегрально отражающих некоторые виды проявления поверхностно-молекулярных эффектов. Нарядной иллюстрацией этого содержания служит динамика ΔV при набухании в зависимости от размера (толщины) образцов материала (рис. 1).

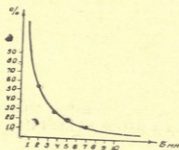


Рис. 1.

На рис. 1, графически даются относительные увеличения в объеме, в пределах размеров используемых в наших опытах после стабилизации процесса. Этот график явствует о закономерных аномалиях, свойственных сапропелевым массам.

По известной зависимости, все ньютоновские жидкости подчиняются следующей формуле:

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy} \quad (1)$$

где: τ — касательное напряжение;

μ — коэффициент внутреннего трения или динамической вязкости;

$\frac{du}{dy}$ — градиент скорости.

Известно, также, что при наличии мельчайших частиц, вязкость, согласно теоретическим определениям А. Эйнштейна выражается [3]:

$$\mu = \mu_0(1 + 2.5 \varphi) \quad (2)$$

Здесь, μ , μ_0 коэффициенты вязкости дисперсионной системы и дисперсионной среды, φ — часть объема занимаемая дисперсированными частицами (концентрация).

Однако, как показали дальнейшие исследования, эта зависимость оказалась неправомерной для многих смесей из-за неучета

молекулярно-электрических сил изменяющих реальную гидравлическую крупность диспергированных частиц. Все эти предпосылки позволили исследователям физико-химической механики создать более совершенную модель и соответствующую зависимость для описания процессов в сложных системах относящихся к области исследования микромира и элементарных частиц. Естественно, что при изучении реальных условий движения сапропелевой пульпы, все нюансы физики не могут быть учтены, но с помощью интегральных показателей, в частности установления закона сопротивления, действующие факторы отражаются неявной формой.

В общих чертах нарушение линейного закона касательных напряжений, от градиента скоростей, выражается категориями называемых неньютоновскими жидкостями, для которых свойственны проявление начального градиента сдвига или изменение вязкости в зависимости от скоростного градиента. К неньютоновским жидкостям относятся неоднородные многокомпонентные массы, коллоидные растворы, грубые суспензии, золи, разжиженные, вторичные минеральные грунтовые отложения и шламы, торфы и другие прочие растворы [4, 5], в том числе и озерный ил-сапропель.

В этих жидкостях, представляющие дисперсную систему в статическом состоянии составляющие частицы дисперсной фазы из-за наличия Ван-дер-Ваальсовыми силами образуют неподвижную решетчатую структуру вызывающих застудевание растворов. Поведение таких растворов, их сопротивляемость растягивающим усилиям деформации и релаксационно-тиксотропических явлений, обуславливается величиной начального сопротивления сдвигу τ_0 . Необходимо приложить некоторое механическое усилие превышающее величины τ_0 для нарушения состояния покоя и начала движения. Следует отметить, что часть сопротивления приходящегося на долю τ_0 , сохраняется на весь период движения и поэтому необходимо его тщательное исследование. При разработке расчетных зависимостей, описывающих процесс, следует учесть закономерности движения неньютоновских жидкостей.

Величину τ_0 , легко определить из уравнения равновесия внешних и внутренних сил действующих на выделенной цилиндрической трубке, то есть:

$$2\pi r l \tau = \pi r^2 P \quad (3)$$

Из (3), получим величину касательного напряжения:

$$\tau_0 = \frac{rP}{2l}$$



У стенки $\tau = \tau_{max}$ при $r = R$. В остальной зоне происходит движение без перемещения, то есть образование ядра движения. На границе ядра, при условии $\tau = \tau_0$, с помощью (4), получим:

$$r_0 = \frac{2l\tau_0}{P} \quad (5)$$

Из этого выражения следует, что с увеличением разности давления P , размер ядра будет уменьшаться — произойдет разрушение структуры, и градиент скорости потока — увеличиваться.

Как было отмечено, для множества многокомпонентных коллоидных растворов, в общих чертах характерно нарушение линейной зависимости касательных напряжений от градиента скорости. Этот процесс наилучшим образом описывается уравнением Шведова-Бингама [6, 7]:

$$\tau = \tau_0 + \eta \cdot \frac{du}{dy} \quad (6)$$

здесь τ_0 — предельное сопротивление сдвигу.

В данном конкретном случае, для характеристики движения вязкопластичных тел, во внимание принимают величину эффективной вязкости. Эффективная вязкость представляет собой некоторую условную характеристику бингамовской жидкости, используемую при выполнении расчетов по обычным формулам гидравлики ньютоновских жидкостей, по своей сущности ее величина не является постоянной, ее значение зависит от величины градиента скорости и определяется схематично тангенсов углами наклона прямых, соединяющих начало координат с точками кривой течения.

По аналогии с выражением (1) уравнение (6) можно представить в виде:

$$\mu_{эф} = \tau : \frac{du}{dy} \quad (7)$$

$$\mu_{эф} = \tau : \frac{du}{dy} = \eta + \tau_0 : \frac{du}{dy} \quad (8)$$

η — коэффициент структурной вязкости.

С увеличением градиента скорости, второй член выражения (8), стремится к нулю, а величина эффективной вязкости — к структур-

ной. Отсюда можно заключить, что структурная вязкость представляет собой предельный случай эффективной вязкости, когда интенсивность механического воздействия на жидкость безгранично велика.

Ранее отмечалось, что самым рациональным способом добычи, транспортирования и использования сапропеля как удобрения в сельском хозяйстве, является применение способа гидромеханизации. В связи с этим, необходимо изучить и разработать технологию всего процесса, и в первую очередь исследовать движение сапропелевой пульпы по трубам.

С этой целью были проведены эксперименты на циркуляционной установке, схема которой представлена на рис. 2.

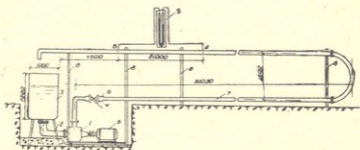


Рис. 2. Схема циркуляционной установки.

1. Насос марки 4 нф;
2. Всасывающая труба $d=200$ мм;
3. Бак емкостью 1000 л;
4. Задвижка $\Phi 100$ мм; 5. Эл. двигатель в 22 квт;
6. Переход 100×81 мм; 7. Трубопровод $\Phi 81$ мм;
8. Стойка; 9. Диф. манометр.

Было исследовано 3 образца сапропелевой массы, которые позволяли получить пульпу объемными весами: $\gamma_1 = 1,048$ г/см³; $\gamma_2 = 1,02$ г/см³; $\gamma_3 = 1,014$ г/см³. Пульпа различного состава с помощью насоса 1, подавалась в циркуляционную систему, в состав которой входят: металлическая труба 7, длиной 185 м, с внутренним диаметром 81 мм, всасывающая труба $D=200$ мм, задвижка 4, переход 6, (100×81 мм). Перепад давления измеряли с помощью U-образным дифференциальным манометром 9, в котором была залита ртуть. Расстояние между точками (А и Б) где измеряли перепад давления — составляло 21 м.

Расход жидкости, при каждом опыте измеряли объемным способом, с помощью мерного бака емкостью 100 л.

Результаты эксперимента представлены в виде графиков (рис. 3, 4).

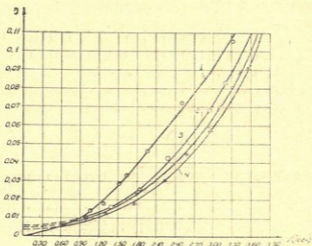


Рис. 3. Потери напора в трубах с внутренним диаметром 81 мм:

1—вода (Δ); 2—пульпа $\gamma_1=1,046^2/\text{см}^3$ (\square); 3—пульпа $\gamma_2=1,02^2/\text{см}^3$ (\times); 4—пульпа $\gamma_3=1,014^2/\text{см}^3$ (\odot).

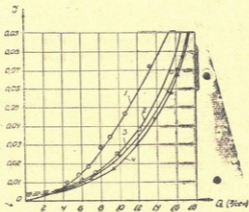


Рис. 4. Потери напора в зависимости от расхода.

$i=f(Q)$ $d=81\text{мм}$; 1—вода (\odot); 2—пульпа $\gamma_1=1,046^2/\text{см}^3$ (\square); 3—пульпа $\gamma_2=1,02^2/\text{см}^3$ (\times); 4—пульпа $\gamma_3=1,014^2/\text{см}^3$ (Δ).

Построенные графики показывают, что во время движения сапропелевой пульпы с различной концентрацией, потери напора получаются несколько заниженными, чем для чистой воды. Вероятнее всего это обусловлено демпфированием пульсационных, турбулентных скоростей, которые уменьшают потери вдоль трубопровода. Следует отметить, что такой результат является конкретным, отвечающим данному фракционному и количественному составу смеси.

Наряду с этим следует провести целевые опыты для установления величины τ_0 , при наличии взвесенесущих потоков осуществленных на базе сапропеля органоминерального материала.

Не исключено, как показали косвенные опыты (мгновенное осветление, скорость падения шариковой пробы и др.) наводящие на мысль, что сапропелевая пульпа возможно относится к реологической шкале дилатансии и псевдопластики.

Эти оговорки не исключают возможность, для предварительных инженерных расчетов, использовать обобщенные результаты, приведенные на вышепоказанных графиках.

Л и т е р а т у р а

1. А. М. Царевский. Гидромеханизация мелиоративных работ. Москва, 1956.
 2. Жри. «Гидротехника и мелиорация», № 7, 1956.
 3. Г. Р. Кройт. Наука о коллоидах, изд. «Иностранная литература», М., 1955.
 4. Р. И. Шпенко, Б. И. Есьман, Г. И. Кондратенко. Гидравлика промывочных жидкостей. Москва, «Недра», 1976.
 5. А. З. Евлевич. Расчет и проектирование илопроводов. Москва, 1962.
 6. Применение гидромеханизации в сельском хозяйстве. Труды ВНИИГиМ. т. XXXVI, 1961.
 7. Е. З. Рабинович. Гидравлика, Москва, 1974.
-



УДК 627.833

Н. С. РИЖИНАШВИЛИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЧЕРТАНИЯ ВХОДНОЙ ОГОЛОВКИ
НАПОРНОГО ВОДОСБРОСА НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНОГО ПОТСКА

Движение воды в галерее с переменным сечением описывается системой дифференциальных уравнений следующего вида:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho V f) + \frac{\partial}{\partial x}(\alpha \rho V^2 f) = f \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\lambda \gamma}{8} \chi V^2; \quad (1)$$

$$\frac{\partial(f \rho)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(f \rho V) = 0, \quad (2)$$

в которых приняты следующие обозначения:

ρ — плотность жидкости, V — предельная скорость в элементе поперечного сечения (местная скорость), f — площадь поперечного сечения, t — время, x — направление потока, P — среднее гидродинамическое давление в сечении, α — корректив количества движения, λ — коэффициент сопротивления, γ — смоченный периметр.

Уравнения (1) и (2) представляют собой систему двух дифференциальных уравнений первого порядка в частных производных гиперболического типа, в общем случае нелинейных. Считая жидкость несжимаемым и движение стационарным, система уравнений (1) и (2) принимает следующий вид:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{\alpha Q^2}{f} \right) = - \frac{f}{\rho} \frac{dP}{dx} - \frac{\lambda}{8\rho} \frac{\gamma}{f^2} Q^2; \quad (3)$$

$$\frac{dQ}{dx} = 0, \quad (4)$$

где $Q = f \cdot V$ является объемным расходом жидкости.

Рассмотрим случай, когда входной оголовок галереи имеет очертание круглого поперечного сечения (рис. 1). В этом случае уравнение очертания линии 0—0 входного оголовка будет иметь следующий вид:

$$y = \begin{cases} b - \sqrt{R^2 - (x - a)^2} & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ b - \sqrt{R^2 - (S - a)^2} & \text{при } S \leq x \leq L, \end{cases} \quad (5)$$

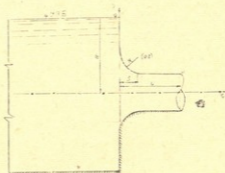


Рис. 1. Расчетная схема.

где a и b являются координатами центра окружности, R — его радиус.

Для системы (3)—(4) ставятся следующие граничные условия:

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } x=0 \quad P(x) = P_0 = \gamma H + P_{\text{атм}} \\ \text{при } x=L \quad P(x) = P_L = P_{\text{атм}} \end{array} \right\}, \quad (6)$$

где $\gamma = \rho g$ удельный вес жидкости, $P_{\text{атм}}$ — атмосферное давление.

Уравнение (3) легко приводится к следующему виду:

$$-\alpha Q^2 \frac{f'}{f^3} = \frac{1}{\rho} P' - \frac{\lambda}{8\rho} Q^2 \frac{x}{f^3}. \quad (7)$$

Интегрируя (7) в пределах $(0, L)$ и учитывая граничные условия (6), получим:

$$\frac{\alpha Q^2}{2f^2} \Big|_0^L = -\frac{1}{\rho} (P_L - P_0) - \frac{\lambda Q^2}{8P} \int_0^L \frac{x}{f^3} dx. \quad (8)$$

Интеграл, входящий в правую часть уравнения (8) запишется следующим образом:

$$\int_0^L \frac{x}{f^3} dx = \frac{2}{\pi^2} \int_0^S \frac{dx}{(b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2})^3} + \frac{2}{\pi^2} \int_S^L \frac{dx}{(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^3} \quad (9)$$

Введем обозначение

$$I = \int_0^S \frac{dx}{(b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2})^3}. \quad (10)$$

Интеграл (10) выражается в элементарных функциях, однако в связи с тем, что получаются громоздкие выражения и учитывая тот факт, что $S \ll L$, подинтегральную функцию можно заменить его средним арифметическим значением:

$$I = \int_0^S \frac{dx}{(b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2})^3} = \frac{(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2}) + b}{2(b - \sqrt{R^2 - a^2})^3} - \frac{-\sqrt{R^2 - a^2}}{(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^3} S.$$

Тогда легко заменить и выражение (9) запишется так:

$$\int_0^L \frac{x}{f^3} dx = \frac{2S}{\pi^2} \frac{(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^3 + (b - \sqrt{R^2 - a^2})^3}{2(b - \sqrt{R^2 - a^2})^3} + \frac{2(L-S)}{\pi^2 (b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^3} \quad (11)$$

Подставив выражение (11) в (8), получим:

$$\frac{\alpha Q^2}{2f_L^2} - \frac{\alpha Q^2}{2f_0^2} = -\frac{1}{\rho} (P_L - P_0) - \frac{\lambda Q^2}{8\rho} M, \quad (12)$$

где

$$M = \frac{2S}{\pi^2} \frac{(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^5 + (b - \sqrt{R^2 - a^2})^5}{(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^5 \cdot (b - \sqrt{R^2 - a^2})^5} + \frac{2(L-S)}{\pi^2 (b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^5}$$

Из выражения (12) легко определяется расход жидкости

$$Q = \sqrt{\frac{\gamma H}{\rho \left(\frac{\alpha}{2f_L^2} - \frac{\alpha}{2f_0^2} + \frac{\lambda}{8} M \right)}} \quad (14)$$

Скорость движения жидкости, в зависимости от координата x определяется следующим образом:

$$V(x) = \frac{Q}{f(x)} \quad (15)$$

Подставив (14) в (15), получим для скорости $V(x)$ следующее выражение:

$$V(x) = \sqrt{\frac{\gamma H}{\rho \left(\frac{\alpha}{2f_L^2} - \frac{\alpha}{2f_0^2} + \frac{\lambda}{8} M \right) f^2(x)}} \quad (16)$$

Для определения гидродинамического давления $P(x)$, интегрируем выражение (7) в пределах $(0, x)$:

$$-\alpha Q^2 \int_0^x \frac{df}{f^2} = \frac{1}{\rho} \int_0^x dp - \frac{\lambda Q^2}{8} \int_0^x \frac{\chi}{f^2} dx,$$

из которого, после интегрирования получим:

$$\alpha Q^2 \frac{1}{2f^2} \Big|_0^x = - \frac{1}{\rho} (P - P_0) - \frac{\lambda Q^2}{8} M(x), \quad (17)$$

где

$$M(x) = \int_0^x \frac{\chi dx}{f^2} \quad (18)$$

Функции $\chi(x)$ и $f(x)$ определяются следующим образом:

$$\chi(x) = \begin{cases} 2\pi(b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2}) & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ 2\pi(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2}) & \text{при } S \leq x \leq S \end{cases}; \quad (19)$$

$$f(x) = \begin{cases} \pi(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^2 & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ \pi(b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^2 & \text{при } S \leq x \leq L \end{cases} \quad (20)$$

Поставив (19) и (20) в (18) и учитывая вышесказанное относительно интеграла (10), получим:

$$\text{при } 0 \leq x \leq S$$

$$M(x) = \frac{(b - \sqrt{R^2 - a^2})^5 - (b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2})^5}{\pi^2 (b - \sqrt{R^2 - a^2})^5 \cdot (b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2})^5} \quad (21)$$

$$\text{при } S \leq x \leq L$$

$$M(x) = \frac{(b - \sqrt{R^2 - a^2})^5 - (b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^5}{\pi^2 (b - \sqrt{R^2 - a^2})^5} + \frac{2}{\pi^2} \frac{x-S}{b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2}} \quad (22)$$

$$\text{при } x=S$$

$$M(x) = \frac{(b - \sqrt{R^2 - a^2})^5 - (b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^5}{\pi^2 (b - \sqrt{R^2 - a^2})^5 (b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^5} \quad (23)$$

Из выражения (17) легко определяется величина $P(x)$:

$$P(x) = P_0 + \rho \frac{\alpha Q^2}{2} \left(\frac{1}{f_0^2} - \frac{1}{f_x^2} \right) - \frac{\lambda Q^2}{8} M(x). \quad (24)$$

Легко заметить, что площади f_0 и f_x определяются следующим образом:

$$f_0 = \pi y_0^2 \quad \text{и} \quad f_x = \pi y^2. \quad (25)$$

Подставив значения y_0 и y из (5) в (25), получим:

$$\left. \begin{aligned} f_0 &= \pi (b - \sqrt{R^2 - a^2})^2 \\ f_x &= \pi (b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2})^2 \quad \text{при } 0 \leq x \leq S \\ f_x &= \pi (b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2})^2 \quad \text{при } S \leq x \leq L \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Для галереи прямоугольного поперечного сечения с шириной B выражение (9) запишется так:

$$\int_0^L \frac{\gamma}{f^3} dx = \int_0^L \frac{2B+4y}{8B^3y^3} dx, \quad (27)$$

УДК 62-50
62-50:62-50:62-50

где

$$\left. \begin{aligned} y &= b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2} && \text{при } 0 \leq x \leq S \\ y &= b - \sqrt{R^2 - (S-a)^2} && \text{при } S \leq x \leq L \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

Для вычисления интеграла (27) поступим также как с интегралом (10). Подынтегральную функцию заменим ее средним арифметическим значением в интервале $0 \leq x \leq S$:

$$\int_0^L \frac{\gamma}{f^3} dx = \int_0^S \frac{\gamma}{f^3} dx + \int_S^L \frac{\gamma}{f^3} dx = \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_s}{f_s^3} + \frac{\gamma_0}{f_0^3} \right) S + \frac{\gamma_s}{f_s^3} (L-S). \quad (29)$$

Поставив выражение (29) в (8), получим:

$$\frac{\alpha Q^2}{2f_s^2} - \frac{\alpha Q^2}{2f_0^2} = - \frac{1}{\rho} (P_L - P_0) - \frac{\lambda Q^2}{8\rho} M_1, \quad (30)$$

где:

$$M_1 = \frac{1}{2} \frac{\gamma_0}{f_0^3} S - \frac{1}{2} \frac{\gamma_s}{f_s^3} L. \quad (31)$$

Из выражения (30) легко определяется расход

$$Q = \sqrt{\frac{P_0 - P_L}{\rho \left(\frac{\alpha}{2f_L^2} - \frac{\alpha}{2f_0^2} + \frac{\lambda}{8} M_1 \right)}} \quad (32)$$

Площади и смоченные периметры f_0 , f_x , γ_0 и γ_x соответственно определяются следующим образом:

$$f_0 = 2By_0; \quad f_x = 2By; \quad \gamma_0 = 2B + 4y_0; \quad \gamma_x = 2B + 4y. \quad (33)$$

Из выражения (17) легко получим следующее выражение для гидродинамического давления:

$$P(x) = P_0 + \rho \frac{\alpha Q^2}{2} \left(\frac{1}{f_0^2} - \frac{1}{f_x^2} \right) - \frac{\lambda Q^2}{8} M_1(x), \quad (34)$$

где

$$M_1(x) = \int_0^x -\frac{\gamma}{f^3} dx.$$



Уральский федеральный университет
Институт математики и механики

Учитывая вышесказанное относительно метода интегрирования, будем иметь:

$$M_1(x) = \begin{cases} -\frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_x}{f_x^3} + \frac{\gamma_0}{f_0^3} \right) x & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_s}{f_s^3} + \frac{\gamma_0}{f_0^3} \right) S + \frac{\gamma_s}{f_s^3} (x-S) & \text{при } S \leq x \leq L \end{cases} \quad (35)$$

Поставив в (33) значение y_0 и y , получим:

$$f_0 = 2B(b - \sqrt{R^2 - a^2}) \quad f_x = 2B(b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2});$$

$$\gamma_0 = 2B + 4(b - \sqrt{R^2 - a^2}); \quad \gamma_x = 2B + 4(b - \sqrt{R^2 - (x-a)^2})$$

при $0 \leq x \leq S$.

Рассмотрим случай, когда входная оголовка галереи очерчена дигом эллипса. В этом случае уравнение линии о—о (рис. 1) будет иметь следующий вид:

$$y = \begin{cases} b - c \sqrt{1 - \frac{(x-a)^2}{a^2}} & \text{при } 0 \leq x \leq S; \\ b - c & \text{при } S \leq x \leq L, \end{cases}$$

где a и c полуоси эллипса. Точка (a, b) является его центром.

Функции $X(x)$ и $f(x)$ в этом случае определяются следующим образом:

$$\chi(x) = \begin{cases} 2B + 4 \left(b - c \sqrt{1 - \frac{(x-a)^2}{a^2}} \right) & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ 2B + 4(b - c) & \text{при } S \leq x \leq L \\ 2B \left(b - c \sqrt{1 - \frac{(x-a)^2}{a^2}} \right) & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ 2B(b - c) & \text{при } S \leq x \leq L \end{cases} \quad (36)$$

Для галерей с круглым поперечным сечением вместо (34) будем иметь следующие выражения:

$$\chi(x) = \begin{cases} 2\pi \left(b-c \sqrt{1 - \frac{(x-a)^2}{a^2}} \right) & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ 2\pi(b-c) & \text{при } S \leq x \leq L \end{cases}$$

$$f(x) = \begin{cases} \pi \left(b-c \sqrt{1 - \frac{(x-a)^2}{a^2}} \right) & \text{при } 0 \leq x \leq S \\ \pi(b-c)^2 & \text{при } S \leq x \leq L \end{cases}$$

Гидродинамическое давление в этих случаях определяется по формуле (34), лишь с той разницей, что величины χ_0 , χ_x , f_0 , f_x определяются по выражениям (36) и (37).

С целью апробации полученных выше расчетных уравнений, применим их для решения конкретных задач. Однако, заметим, что выполнить такой анализ без привлечения ЭВМ представляется весьма трудоемкой задачей ввиду сложности формул, с помощью которых выражаются искомые величины. Поэтому для проведения соответствующих численных расчетов на ЭВМ, все формулы предварительно доведены до расчетного вида, а затем были составлены программы расчетов на языке «АЛГОЛ-60».

По формуле (24) выполнен цикл расчетов с целью установления влияния радиуса окружности «а» ($a=R$) на характер гидродинамического давления. В качестве примера на рис. 2 показана зависимость функции C_p от x/d ,

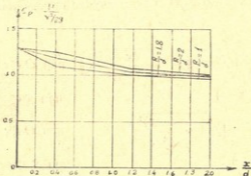


Рис. 2. Кривые зависимости $C_p = f\left(\frac{x}{d}; \frac{R}{d}\right)$

$$C_p = \frac{P}{V^2/2g}$$



Как видно из графика рис. 2 с уменьшением R/d уменьшается и C_p , что при относительно небольших значениях R/d может привести к кавитационному явлению.

УДК 627.833

Г. Г. ОМСАРАШВИЛИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ (ПАРЦИАЛЬНОМ) ОРОШЕНИИ

Наряду с традиционными методами полива, в последнее время в мелиоративной практике особое внимание уделяется способу орошения, получившего название «капельного орошения».

Целью внедрения этого метода является рациональное использование оросительной воды, повышение КПД и обеспечение оптимального водно-воздушного режима для нормального развития многолетних сельскохозяйственных культур. Намечается для отдельных почвенных разновидностей использование эффекта осмотического давления для реализации природной автоматизации, отвечающего оптимальному водопотреблению при данных термодинамических условиях почвенно-водной системы.

В целях установления оптимальных гидравлических параметров капельного орошения, была проведена серия предварительных опытов по нижеописанной методике.

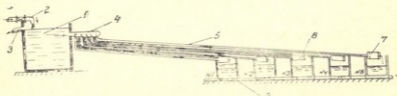


Рис. 1. Схема экспериментального участка. 1 — резервуар; 2 — подводящая труба; 3 — водосборное устройство; 4 — распределитель; 5 — трубопроводы (полиэтиленовые); 6 — водособиратели; 7 — насадка; 8 — фильтр.

На схеме рис. 1 иллюстрируется батарея трубок, в которых движение совершается под различными градиентами, подающихся точечному определению. На схеме в основном иллюстрируется принцип капельного орошения. В резервуаре 1 устанавливается постоянный уровень с помощью водосбросного порога 3. В работу включены 5 каплеуловителей-насадок, которые работают под различными градиентами.

Первоначальные опыты проводились на насадках с двумя отверстиями 1—1,5 мм. Количество дырок увеличивалось, что позволяло регулировать расход.

Опыты проводились в диапазоне градиентов $0,063 \pm 0,145$, что соответствовало скоростям $0,45 \pm 0,8$ м/с. При наблюдавшихся скоростях имеем ламинарный режим движения. Верхнему пределу при $t = 23^\circ$, $v = 0,011$ см/с соответствует число $Re = 400$; более высокие градиенты обеспечивают турбулентный характер движения. Следует отметить, что обычные методы капельного орошения, т. е. подача воды на поверхность почвы сопровождается инфильтрацией, что нередко вызывает образование воздушных подушек, препятствующих дальнейшему передвижению фронта фильтрационного потока. Принципиальное отличие предприняемой нами схемы позволяет исключить отрицательные явления по разрушению структуры отдельных агрегатов и, вместе с тем, ускоряет процесс увлажнения почвы. Это достигается путем расположения насадки на нужной глубине от поверхности земли.

При больших скоростях и расходах естественно, что объем поглощенной воды будет меньше, чем подаваемой, поэтому следует для каждого конкретного случая установить такие расходы, чтобы соблюдалось равенство указанных частей с учетом требуемой фактической нормы орошения.

Для уменьшения расходов и их регулирования, в теле насадки помещается фильтр из промытого кварцевого песка. Длина фильтра определяет величину градиента при заданном действующем напоре и такая конструкция каплеуловителя-насадки исключает внутрипочвенную механическую суффозию.

Опыты этого направления показали, что расход постепенно уменьшается и через 7—8 часов стабилизируется. Соотношение первоначальных расходов от конечных колеблется в 2—2,5 раза. На рис. 2 показана динамика изменения расхода во времени.

При капельном увлажнении почвы, вода после выхода из насадки подвергается гравитационному и капиллярному силовому воздействию, что и определяет скорость водопоглощения. В этой связи

были поставлены опыты для изучения капиллярного водопоглощающего потенциала. Подробное описание методики проведения таких

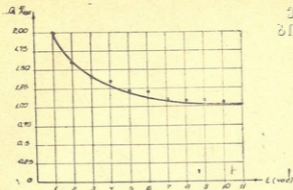


Рис. 2 — График динамики фильтрационного расхода воды во времени $Q=f(t)$.

опытов будет дано отдельно, так как принцип работы прибора является новым и не имеет аналогов в смежных областях исследования.

На рис. 3 дается изменение влажности во времени при капиллярном насыщении для воздушно-сухой почвы.

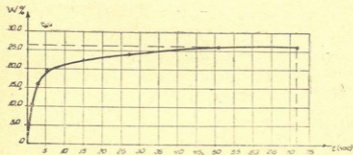


Рис. 3. — График зависимости, $W_{\%}=f(t)$, где

$$W_{\%} = \frac{G_{\text{в}}}{G_{\text{гп.с}}} 100\%$$

Дальнейшее исследование должно уточнить как конструкции насадок капельного орошения, так и разработку расчетных зависимостей, с учетом основных гидравлических параметров.

Л и т е р а т у р а

1. Е. З. Рабинович. Гидравлика, Москва, 1974.
2. Гидротехника и мелиорация, журнал, № 7, 1978.



УДК 631.3:518.5

Н. В. ЧХАИДЗЕ

**ОБ ОДНОМ ТРАНСЦЕНДЕНТНОМ УРАВНЕНИИ, ВОЗНИКАЮЩЕМ
В ТЕОРИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

При исследовании режимов работы ряда сельскохозяйственных машин [1] возникают трансцендентные уравнения, которые можно записать в следующем общем виде:

$$\frac{\gamma}{K} = \sin(\alpha + P_1 \sqrt{a_1 K + b_1 K + C_1} + P_2 \sqrt{a_2 K^2 + b_2 K + C_2})$$

где параметры γ , α , принимают действительные значения, неизвестная величина K также имеется в области действительных чисел.

Исследование уравнения (1) в общем случае возможно, но весьма громоздко. Поэтому рассмотрим один из частных случаев, чтобы лучше проиллюстрировать применяемые методы исследования.

Рассмотрим типичный технологический процесс работы соломотряса ([1], стр. 413, [2], стр. 248).

В задачу соломотряса входит выделение из обмолоченной молотильным барабаном хлебной массы зерна и выведение соломы из молотилки. Солома, поступающая на клавишные соломотрясы, которые совершают колебательные движения, подбрасывается вверх для вытряхивания зерна и продвижению вдоль клавиша к выходу молотилки.

Для обеспечения нормального режима работы, например, четырехклавишного горизонтально расположенного соломотряса, необходимо выполнение условия

$$\frac{1}{K} = \sin \left[1,5\pi - (K+1) - \sqrt{K^2 - 1} \right],$$

или

$$\frac{1}{K} = -\cos\left(K+1+\sqrt{K^2-1}\right) \quad (2)$$

где: K — показатель кинематического режима соломотряса, является отношением центростремительного ускорения клавиша к ускорению силы тяжести g ;

$$K = \frac{\omega^2 r}{g}$$

ω — угловая скорость вращения коленчатого вала соломотряса;

r — радиус кривошипа коленчатого вала соломотряса;

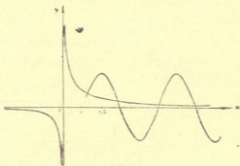


Рис. 1.

Из графика (рис. 1) видно, что (2) имеет бесконечное множество положительных корней. Найдем их асимптотику. Грубая оценка дает $K_n \approx n$. Далее, решая (2) в приближении с точностью до членов порядка n^{-1} , имеем

$$K_n + 1 + \sqrt{K_n^2 - 1} \approx \frac{\pi}{2} + \pi n + \frac{(-1)^n}{K_n}$$

или

$$2K_n + 1 - \frac{1}{2K_n} \approx \frac{\pi}{2} + \pi n + \frac{(-1)^n}{K_n}$$

Отсюда имеем грубое приближение

$$K_n' = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} + \frac{\pi n}{2}, \quad (3)$$

а далее и более точное

$$K_n'' = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2} + \frac{\pi n}{2} + \frac{1+2(-1)^n}{4K'_n}$$



При $n=1$ приближение по формуле (3) дает:

$$K_I^I = 1,85619$$

Подставляя найденное в (4), находим уточнение

$$K_I^{II} = 1,72151$$

Интегрируя эту оценку с помощью (4), находим

$$K_I^{III} = 1,71097$$

Это приближение уже является удовлетворительным (точное значение данного корня $K_1 = 1,705$).

Для уточнения K_I^{III} принять в качестве начальной точки для применения метода интеграций. Используя K_I^{III} в качестве начального приближения метода Ньютона, получим следующее приближение 1,707, а дальнейшие совпадают с истинным значением корня в пределах точности вычислений.

Указанный прием проходит и в общем случае.

Л и т е р а т у р а

1. М. Н. Летошнев. Сельскохозяйственные машины. М.-Л., изд-во сельскохозяйственной литературы, 1949.
2. М. Н. Летошнев. Сельскохозяйственные машины, М.-Л., Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы, 1950.

И. Г. КРУАШВИЛИ

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТУРБУЛЕНТНОГО ОБМЕНА В НАНОСОНЕСУЩЕМ ПОТОКЕ

Исследованию распределения концентрации наносов по вертикали в плоском равномерном потоке, посвящены работы (1÷10) и др., вопросу же определения коэффициента турбулентного обмена (1÷5).

Не останавливаясь на обзоре упомянутых работ постараемся получить коэффициент турбулентного обмена из уравнения баланса наносов [3]. При этом допуская разные аппроксимации для распределения концентрации взвеси по вертикали в наносонесущем потоке.

Как известно, уравнение баланса наносов имеет вид (Л-3)

$$\lambda^* \frac{dS}{dy} = WS \quad (1)$$

где: S — объемная местная концентрация взвеси;

W — гидравлическая крутизна;

λ^* — коэффициент турбулентного обмена взвеси;

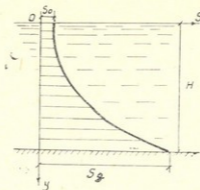
Откуда:

$$\lambda^* = \frac{WSdy}{dS} \quad (2)$$

Как видно из зависимости (2), зная закон распределения концентрации взвеси по вертикали можно получить значение коэффициента турбулентного обмена. Задаваясь различными законами распределения концентрации взвеси по вертикали постараемся получить для них значения коэффициента турбулентного обмена.

Первый вариант решения

Предположим, что ось OS находится на поверхности потока и совпадает с направлением движения, а OY направлен сверху вниз (рис. 1).



Допустим, что концентрация наносов по вертикали выражается следующим законом:

$$S = S_d \left(\frac{y}{H} \right)^n \quad (3)$$

где: n — показатель степени аппроксимирующей кривой распределения концентрации взвеси по вертикали;

H — глубина потока;

S_d — донная объемная концентрация наносов в смеси.

Дифференцируя выражение (3) получим:

$$dS = S_d n \left(\frac{y}{H} \right)^{n-1} \frac{dy}{H} \quad (4)$$

подставляя значения (3) и (4) в (2) будем иметь:

$$\lambda^* = \frac{W S_d \left(\frac{y}{H} \right)^{n-1} dy}{S_d n \left(\frac{y}{H} \right)^{n-1} \frac{dy}{H}} = \frac{W \frac{y}{H}}{n \frac{1}{H}}$$

Таким образом получается, что коэффициент турбулентного обмена взвеси в наносонесущем потоке равен:

$$\lambda^* = \frac{W y}{n} \quad (5)$$

Графическое изображение $\lambda^* f(y)$ дается на рис. 2. Таким образом, коэффициент турбулентного обмена λ^* меняется

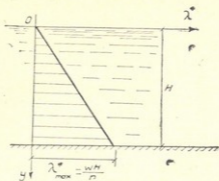


Рис. 2.

ется от максимального значения $\lambda^*_{max} = \frac{wH}{n}$ до нулевого (на свободной поверхности) по закону прямой линии.

Второй вариант решения

Допустим, что концентрация наносов выражается зависимостью (рис. 3).

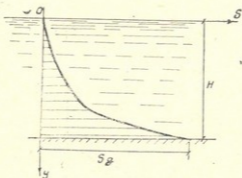


Рис. 3.

$$S = ae^{b \frac{y}{H}} \quad (6)$$

Для определения постоянных коэффициентов воспользуемся граничными условиями. В том случае, когда:

$$y=0 \quad a=S_0$$

$$y=H \quad S=S_{\lambda}$$

где: S_0 — объемная концентрация наносов на поверхности, будем иметь:

$$S_{\lambda} = S_0 e^b \quad (6)$$

откуда b равен:

$$b = \ln \frac{S_{\lambda}}{S_0}$$

Тогда будем иметь зависимость:

$$S = S_0 e^{\frac{y}{H} \ln \frac{S_{\lambda}}{S_0}} \quad (7)$$

дифференцируя выражение получим:

$$\frac{dy}{dS} = \frac{H}{S_0 A \frac{y}{H}} \quad (8)$$

где

$$A = \ln \frac{S_{\lambda}}{S_0}$$

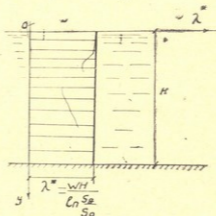


Рис. 4.

подставляя выражения (7) и (8) в уравнение (2) после несложных преобразований получим выражения для коэффициента турбулентного обмена (рис. 4):

$$\lambda^* = \frac{WS_0 e^{-y} H \ln \frac{S_d}{S_0} H}{S_0 A e^{-y} H \ln \frac{S_d}{S_0}} = \frac{WH}{A}$$



ՅՈՒՐԵՅՅԱՆ
ՅՈՅՆՈՒԹՅԱՆ

или


$$\lambda^* = \frac{WH}{\ln \frac{S_d}{S_0}} \quad (9)$$

Таким образом, в первом случае, коэффициент турбулентного обмена меняется по вертикали с максимального значения у дна и нулевым значением на поверхности, а во втором случае, он имеет постоянную величину по вертикали.

Имея разные зависимости для характеристики коэффициента турбулентного обмена наносов дальнейшие наши исследования будут направлены в аспекте применения зависимостей для решения практических задач, где также будут установлены закономерности применения этих зависимостей для разных значений гидравлических крупностей, чисел Re и Fr .

Л и т е р а т у р а

1. Г. И. Баренблат. О движении взвешенных частиц в турбулентном потоке, занимающем полупространство или плоский открытый канал конечной глубины. ПММ. т. XIX, вып. I, М., 1955.
2. В. М. Маккавеев. К теории турбулентного режима и взвешивания наносов. Изв. ГГИ, № 32, Л., 1931.
3. А. В. Караушев. Проблемы динамики естественных водных потоков. Гидрометеиздат, Л., 1960.
4. М. А. Великанов. Динамика русловых потоков, т. II, ГИТТЛ, 1955.
5. М. А. Великанов. Гравитационная теория влекомых и взвешенных наносов. Труды Всесоюзного гидрологического съезда, т. V, Гидрометеиздат, Л., 1960.
6. М. А. Деметьев. Современное состояние теории движения наносов. Доклады гидротехнической конференции ВНИИГ, (доклад 5), Л., 1957.
7. В. С. Синельников. Распределение концентрации взвеси в турбулентных двухфазных потоках. Изв. АН СССР, ОТН (механика и машиностроение), № 1, 1963.

- 
8. С. Х. Абальянц. Вопросы движения взвеси в открытом потоке. Труды САНИИРИ, вып. 91. Ташкент, 1950.
9. А. С. Образовский. К вопросу о механизме взвешивания наносов равномерным турбулентным потоком. Труды гидравлической лаборатории ВНИИ ВОДГЕО, вып. 5, М., 1957.
10. Н. А. Михайлова. Экспериментальное исследование распределения взвешенных наносов в турбулентном потоке. Сб. статей «Русловые процессы». Изд-во АН СССР, М., 1958.
-

УДК 627.833

Г. Г. ОМСАРАШВИЛИ, А. Л. САХВАДЗЕ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИЛЛЯРНОГО ПОТЕНЦИАЛА И НАБУХАЕМОСТИ ПОЧВО-ГРУНТОВ

Решение многих задач механики грунтов, инженерной геологии, гидромелиорации и других смежных областей наук связано необходимым знанием весьма важных расчетных параметров капиллярного потенциала и набухаемости [1, 2, 3].

Физическая природа и закономерность процессов капиллярного всасывания влаги и набухания обусловлено наличием проявления поверхностно-молекулярных эффектов при взаимодействии воды с минеральными частицами развитой кинетической энергией. Поэтому для изучения процессов требуется привлечение современных ме-

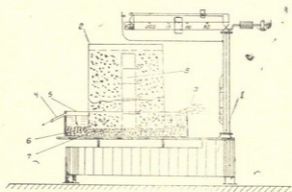


Рис. 1. Схема прибора.

1. Подставка весов; 2. Цилиндр для помещения исследуемого образца; 3. Водоподводящая трубка; 4. Водосброс; 5. Ванна с водой; 6. Настил из песчанного фильтра; 7. Отверстия $d=1$ мм; 8. Стеклянная вставка для наблюдения.

тодов исследования из области физико-химической механики, что не всегда является доступным.

Однако, установление интегральных характеристик при грубой схематизации сложных многофакторных процессов часто является весьма полезным.

Для решения многих задач инженерной практики известно также, что существующие методы определения указанных параметров связано с большими трудностями технического характера, являются трудоемкой и длительной процедурой.

Поэтому нами была смонтирована специальная установка позволяющая произвести экспериментальные определения без вспомогательных частных измерений.

Схема прибора и ее описание дается на рис. 1.

С помощью прибора была изучена динамика водопоглощения типичной почвы для виноградики. Результаты приведены на рис. 2 в виде графика зависимости $G=f(t)$.

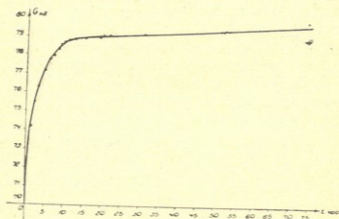


Рис. 2.

Цель дальнейших исследований — усовершенствование прибора и его полная автоматизация.

Наряду с этим, нами была проведена экспериментальная работа по изучению вопроса набухаемости для некоторых природных сорбентов — конкретно для сапропелей.

Процесс набухания по своей природе исключительно сложен и результаты лабораторно-экспериментальных исследований для установления закономерностей тех или иных свойств набухающих сис-

тем с учетом влияния многопеременных взаимно управляемых факторов не всегда поддаются количественной оценке.

В общем случае процесс набухания по современной трактовке обусловлено совокупностью действий поверхностно-молекулярных и осмотических сил.

Интегральное установление степени набухаемости в зависимости от отдельных показателей, имеющие непосредственные приложения для решения конкретных задач, имеет весьма большое научно-техническое значение.

В настоящее время не существует унифицированная методика изучения процесса набухания природных сорбентов, к которым можно отнести озерно-болотные отложения сапропели, природные соединения минерально-органических веществ.

Изучение комплекса специфических гидрофизических свойств и в частности набухаемости сапропеля, является необходимым при разработке технологии добычи и транспортировки, для использования его как органическое удобрение [4, 5].

В целях изучения процесса набухаемости, была использована водоизмененная стандартная методика, имеющая широкое распространение в строительной практике по установлению геотехнических характеристик грунтов.

По этой методике была изучена динамика процесса набухаемости и степень деформации в зависимости от размеров образца.

Методика проведения экспериментов заключалась в следующем: были изготовлены цилиндрические образцы сапропелевой массы разной толщины, которые высушивались до стабильного веса при комнатной температуре и влажности. Зазор между образцом и стенкой металлического корпуса заполняли измельченным порошком той же массы, для исключения самопроизвольного бокового расширения при водопоглощении, сопровождающегося интенсивным набуханием.

Зависимость между приращением объема образца и времени иллюстрируются на рис. 3.

Из приведенных графиков можно заметить, что равновесие быстрее достигается при тонких образцах, а относительная величина степени набухаемости с увеличением толщины образца уменьшается.

На основании анализа проведенной работы можно заключить, что общая закономерность процесса набухания сапропеля аналогична коллоидно-дисперсным системам.



საქართველოს
საბჭოთავო მეცნიერებათა
აკადემია

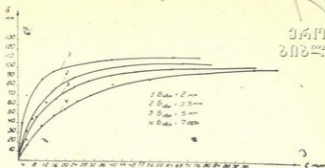


Рис. 3.

С использованием данных экспериментов можно установить оптимальный размер образцов, для которых степень набухаемости можно принять (достаточной инженерной практики) равным нулю.

Л и т е р а т у р а

1. А. В. Лыков. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. ГИТТЛ, М., 1954.
2. Т. Е. Кацарава. О механизме процесса фильтрационно-капиллярного передвижения влаги в набухающих почвогрунтах. Труды ГрузНИИГиМ. Вопросы гидромелиорации, вып. 29, 1972.
3. А. А. Роде. Почвенная влага. Изд-во АН СССР, 1952.
4. А. Л. Сахвадзе. Исследование процесса набухания высокодисперсных минерально-органических систем. Тезисы докладов научной сессии, посвященной 60-летию Великой Октябрьской социалистической революции, Тбилиси, 1977.
5. М. Н. Гольдштейн. Механические свойства грунтов. Стройиздат, М., 1973.



საქართველოს
საბჭოთაო სოციალისტური
რესპუბლიკის

РЕФЕРАТЫ

УДК 633.72:631.37

Кабельная электросеть на плантациях чая для питания ручных электромоторных чаесборочных и подрезочных машин. Г. Я. Ш х в а ц а б а я. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 5—10.

Рассматривается вопрос о применении на чайных плантациях кабельной электросети проложенной в кустах чая, для питания ручных электромоторных чаесборочных и подрезочных машин взамен воздушной, которая имеет ряд недостатков.

Кабельная сеть проложенная в кустах чая, надежно защищена от механического повреждения, почти не требует ухода, безопасна для рабочего и может служить без капремонта свыше 12 лет. Кроме того, постройка кабельной сети по сравнению с воздушной обходится в 2—3 раза дешевле.

УДК 631.31

Характер движения частиц почвы по рабочей поверхности разных геометрических форм. М. М. Гугушвили, Л. Ф. Керткоев. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 11—19.

Установили, что при перемещении частиц почвы по рабочей поверхности вогнутой формы увеличивается скорость скольжения в зависимости от перемещения рабочих органов и время необходимое для поднятия частиц почвы на определенную высоту, больше на рабочих органах с выпуклой и плоской поверхностью, по сравнению с перемещением частиц почвы. Таким образом, для интенсивного рыхления почвы целесообразно применить рабочий орган с геометрической поверхностью вогнутой формы, что подтверждается экспериментами, проведенными в лабораторных условиях. Рис. — 5, библи. — 4.

УДК 621.434.056.013.6

К вопросу теории холостого хода двигателя. Г. А. Хантадзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 21—29.

Разработан вопрос оценки состояния двигателя с помощью величины литро-циклового расхода топлива, который предлагается как критерий при диагностике двигателя.

Предлагаются уравнения холостого хода.

Дается понятие о «комплексной характеристике» двигателя и предлагается способ построения этой характеристики.

Предлагается использование соотношения «минимально-устойчивых оборотов холостого хода» к «минимально-возможным оборотами перегрузок», как оценочного параметра и показателя приемистости и динамических качеств двигателя.

УДК 536.2.01

Влияние состояния верхнего слоя почвы в процессе весенней обработки ее на тепловой режим пахотного слоя. Г. С. Чичуа. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 31—40.

При обработке верхнего слоя почвы резко уменьшаются ее теплофизические характеристики. В работе количественно оценено изменение температуры пахотного слоя почвы, вызванные обработкой ее верхнего слоя. Табл. — 4, библ. — 2.

УДК 631.3(23)

Теоретическое обоснование технологии непрерывного процесса сооружения террас. Г. А. Шаламберидзе, В. Ш. Чипашвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 41—47.

Дается обоснование технологии непрерывного процесса террасирования горных склонов с применением лемешно-отвальных рабочих поверхностей.

Выведена формула для определения теоретическим путем общего тягового сопротивления плуга-террасера для конкретных условий применения агрегата. Приведены данные теоретических и экспериментальных исследований тягового сопротивления плуга-террасера. Рис. — 3, библ. — 5.

УДК 631.316:632.935.11(088.8)

Термический культиватор в виноградниках для борьбы с сорными растениями. Л. У. Копалиани. Труды Груз. СХИ, 1979, т. 110, стр. 49—56.

Термический культиватор марки НТК-100 А для борьбы с сорняками в междурядьях и в рядах виноградников, созданный в Грузинском СХИ, обслуживается одним трактористом-машинистом. Дневная производительность культиватора заключается в термической обработке сорняков на 4 га площади и рыхлении почвы на глубину 7—8 см.

По сравнению с существующим механическим культиватором термический культиватор в 2,6 раза сокращает затраты труда, на

23% повышает урожайность. Термическая обработка сорняков на каждые 1000 га дает колхозам и совхозам на 712 тыс. рублей больше чистого дохода в год. Рис. — 3, табл. — 4.

УДК 621.434.056.013.6

К вопросу создания рационального автомобильного двигателя. Г. Д. Таборидзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 57—69.

Для повышения литровой мощности с одновременным снижением токсичности и удельных расходов топлива, при работе двигателя с максимальной нагрузкой предлагается одновременно осуществлять повышение: массы рабочего тела, степени его уплотнения и его температуры в конце такта сжатия, а также рациональное расщепление горючей смеси перед воспламенением.

Одновременность осуществления всех, названных выше мероприятий обеспечивается частичным наддувом чистого воздуха.

Для расширения диапазона качественной регулировки, за счет экономичных дозирровок, на частичных нагрузках и на холостом ходу рекомендуется применять двухискровое зажигание. Рис. — 7, табл. — 1, библиография — 10.

УДК 577.3

Роль среды в протекании биохимических реакций. З. Д. Урушадзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 71—74.

Установлено, что при исследовании механизма биохимических реакций необходимо учитывать влияние среды, в качестве которой помимо воды можно рассматривать также и макромолекулы самих биологических катализаторов — ферментов, белковая часть которых содержит как полярные, так и неполярные группы атомов. Высказано соображение о влиянии на реакцию флюктуаций плотности неполярной среды и указаны пути количественного расчета влияния среды на скорость реакции при наличии соответствующих экспериментальных данных. Библиография — 5.

УДК 536.2.01

Определение элементов теплового баланса в саду с учетом временных изменений метеорологических параметров. И. С. Гаприндашвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 75—80.

Определены поток тепла в почву, турбулентный поток тепла в воздухе и поток тепла на испарение в саду при развивающихся растениях. При этом, растения представлены источниками тепла и влаги и мощности этих источников включены в правые части уравнений тепло- и влагопроводности приземной атмосферы. Для потоков получены рекуррентные формулы. Библиография — 3.

Исследование условия труда при работе на зерноуборочном комбайне. А. Н. Джервалидзе, Р. Л. Цагарели. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 81—86.

В статье рассмотрены вопросы шума и вибрации при работе комбайна на разных режимах, определены суммарные опасности и усилия затрачиваемые на операциях управления. Табл. — 4.

УДК 631.31

Условия равновесия асимметрического плуга-рыхлителя. И. А. Иобашвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 87—96.

В статье рассматриваются условия равновесия прицепного асимметричного плуга-рыхлителя при обработке защитных полос фруктовых насаждений построенного по схеме безотвального плуга. Рис. — 4.

УДК 699.14:621.7/9

Исследование влияния бария на механические свойства и обрабатываемость кальцийсодержащих автоматных сталей. Т. Н. Гочиташвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 97—101.

Объектом исследования служила автоматная сталь марки АГО (ГОСТ 1414-54).

Результаты механических испытаний показали, что введение оптимального количества бария (0,06%) позволили повысить комплекс механических свойств и обрабатываемость металла выражающуюся в увеличении величины V_{80} в среднем на 29%. Рис. — 1, табл. — 1, библ. — 6.

УДК 663.255.1

К вопросу оптимальной частоты вращения лопастивалковых дробилок. С. С. Месаркишвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, стр. 103—108.

В лопастивалковых дробилках зона принципиального захвата частицы находится в некоторой глубине межвалкового пространства, куда она проникает свободным падением. Поэтому оптимальная частота валков зависит исключительно от конструктивных параметров валка и размера частицы.

УДК 551.491.31.634.1/7.006.5

Использование термальных вод для тепло- и холодоснабжения теплиц и фруктохранилищ. И. И. Жоржоллиани, А. К. Чантурия, М. К. Чачанидзе, А. М. Кечхошвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 109—113.

Использование природного тепла, в зависимости от показателей источников, может стать наиболее перспективным и экономически выгодным в овощеводстве, особенно в сельскохозяйственных районах Западной Грузии, где в основном и сосредоточены источники термальных вод. Рис. — 4, табл. — 1, библиография — 3.

УДК 528.74:72.

Точность определения пространственных координат точек по проективно-преобразованным снимкам. И. Ф. Робиташвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 115—119.

Установлено, что точность определения координат точек объекта по проективно-преобразованным снимкам, а также точность определения положений центра фотографирования при решении обратной проективно-фотограмметрической засечки, зависит от формата кадров снимка и чем больше формат снимка тем выше точность их определения. Табл. — 2, библиография — 4.

Фотограмметрическая обработка снимков с учетом инструментальных ошибок. И. Ф. Робиташвили, Р. И. Лордкипанидзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 120—124.

Рассматривается обработка в первом приближении технологии выявления и учета инструментальных ошибок универсальных стереофотограмметрических приборов, используемых для пространственного фототрангулирования. Показано, что выявление и учет инструментальных ошибок позволяет уменьшить систематические ошибки прибора при обработке сети и в результате появляется возможность повышения точности определения высот точек сети. Табл.—2.

УДК 631.342.

Результаты исследования электрифицированного веткореза. В. И. Метревели, Г. И. Мшвидобадзе, А. А. Вашакидзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 127—132.

Приводятся основные показатели работы электрифицированного веткореза в различных режимах работы. Проанализированы экспериментальные данные для оценки точности и надежности выбранного электропривода, рассчитаны доверительный интервал и доверительная вероятность. При расчетах $\beta=0,9$, т. е. в 90% случаев значения нагрузки приходятся в интервале проведенных экспериментом. Рис. — 3, табл. — 1, библиография — 3.

УДК 681.3.06

Об опыте освоения машинного способа решения задач управления сельскохозяйственным производством. Д. В. Имнадзе, Т. Г. Чхе-

идзе, Дж. Ш. Хвадагадзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 133—144.

Предложен усовершенствованный метод оптимизации кормовых рационов в АСУ процесса кормления крупного рогатого скота (КРС) в зимний стойловый период. Приведена математическая модель и рабочий алгоритм расчета оптимальных рационов с использованием ЭЦВМ.

Показан значительный экономический эффект, полученный от внедрения предложенного метода в системе агрохимобслуживания животноводческих хозяйств. Рис. — 2, табл. — 2, библи. — 2.

УДК 631.437.1/5

К вопросу электрической обработки почвы. А. А. Вашакидзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 145—149.

При электрофизических воздействиях, в почвах возникают факторы, действия которых приводят к активизации химических соединений.

В электрическом поле в почве протекают электрокинетические явления, имеет место смещение электронов, ионов, полярных молекул, это позволит определить характер химических процессов, разработать устройства перевода питательных элементов в почве из недоступной для растений формы в доступную.

УДК 627.833

Вывод двумерных гидравлических уравнений в полярных координатах открытого турбулентного потока в приближении теории мелкой воды. Б. М. Чиквашвили, И. Д. Музаев. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 153—158.

В статье из общих трехмерных дифференциальных уравнений турбулентного движения жидкости (уравнения Рейнольдса) путем интегрирования по вертикали выводятся двумерные гидравлические уравнения в приближении теории мелкой воды. В полученных дифференциальных уравнениях кроме потерь, вызванных шероховатостью русла, учтены местные потери вызванные искривлением линии тока. Библи. — 4.

УДК 631.6.02

Результаты глобальной экспериментальной проверки развитой классической теории поверхностного полива. Г. Е. Тугуши. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 159—166.

Дается экспериментальная проверка указанной теории по опытным данным, проведенных в различных регионах нашей страны,

различными исследователями, на основе которой подтверждается достоверность этой теории в глобальных условиях.

УДК 627.833

Экспериментальное исследование сопротивления движению сапропелевой массы в напорных трубопроводах. А. Л. Сахвадзе. Труды Груз. СХИ, т. 112, 1979, стр. 167—173.

Рассматриваются особенности движения вязкопластичных ньютоновских жидкостей, обусловленные наличием реологического параметра начального сопротивления сдвигу. Описываются специфические свойства сапропеля, которые во многом определяют поведение сапропелевой пульпы. Приведены экспериментальные данные движения сапропелевой пульпы в трубопроводах. Рис. — 4, библи. — 7.

УДК 627.833

Исследование влияния очертания входной оголовки напорного водоброса на гидродинамические характеристики водного потока. Н. С. Рижинашвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 175—183.

Рассматривается частный случай при неизменном расходе воды вдоль пути движения, относительно входной оголовки, имеющей форму круга.

Указывается возможность реализации расчетов на ЭВМ, в силу предварительно составленной программы на языке «АЛГОЛ-60». Рис. — 2.

УДК 627.833

Экспериментальное исследование основных гидравлических параметров при капельном (парциальном) орошении. Г. Г. Омсаришвили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 185—187.

Приведена методика исследования оптимальных гидравлических параметров при капельном орошении.

Дается описание экспериментальной установки и результаты исследования истечения из насадок в диапазоне изменения отверстия $1+1,5$ мм и градиентов $0,063+0,145$. Рис. — 3, библи. — 2.

УДК 631.3:518.5

Об одном трансцендентном уравнении, возникающем в теории сельскохозяйственных машин. Н. В. Чхаидзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, стр. 189—201.

Найдена асимптотика корней уравнения из теории сельскохозяйственных машин, которую можно использовать для уточнения корня методом интегриаций.

14. *ბრძანება*, ტ. 110, 1979

Работа посвящена актуальной задаче создания материалов по математике для студентов вузов с учетом межпредметных связей. Рис. — 1, библи. — 2.

К вопросу определения коэффициента турбулентного обмена в ламинарном несущем потоке. И. Г. Круашивили. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 203—208.

Рассматриваются особенности коэффициента турбулентного обмена. Дается соотношение между концентрацией и коэффициентом турбулентного обмена. Принята формула этого коэффициента. Рис. — 4, библи. — 10.

УДК 627.833

Экспериментальное определение капиллярного потенциала и набухаемости почвогрунтов. Г. Г. Омсарашивили, А. Л. Сахвадзе. Труды Груз. СХИ, т. 110, 1979, стр. 209—212.

Рассматривается возможность изучения некоторых свойств почвогрунтов (свойств капиллярного потенциала и набухания) на специальной комплексной установке. Описана схема прибора и результаты влагопоглощения. Приведены результаты динамики набухания таких природных сорбентов, как сапрпель. Рис. — 3, библи. — 5.



სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მექანიზაცია

Механизация сельскохозяйственного производства

Г. Я. Ш х в а ц а б а я — Кабельная электросеть на плантациях чая для питания ручных электромоторных чаесборочных и подрезочных машин	5
მ. გუგუშვილი, ლ. ქერცოევი — ნიადაგის ნაწილაკის მოძრაობის ბასიათი სხვადასხვა ფორმის სამუშაო ზედაპირზე	11
Г. А. Хаптадзе — К вопросу теории холостого двигателя	21
Г. С. Чичуа — Влияние состояния верхнего слоя почвы в процессе весенней обработки ее на тепловой режим пахотного слоя	31
Г. А. Шаламберидзе, В. Ш. Чипашвили — Теоретическое обоснование технологии непрерывного процесса сооружения террас	41
ლ. კობალიანი — თერმული კელტეატორი ვენახებში სარეველების წინააღმდეგ საბრძოლველად	49
Г. Д. Таборидзе — К вопросу создания рационального автомобильного двигателя	57
З. Д. Урушадзе — Роль среды в протекании биохимических реакций	71
И. С. Гаприндашвили — Определение элементов теплового баланса в саду с учетом временных изменений метеорологических параметров	75
ა. ქვერვალიძე, რ. ცაგარელი — შრომის პირობების გამოკვლევა მარცხლის ამღებ СК-4 კომბაინზე მუშაობის დროს	81
ბ. იობაშვილი — ასიმეტრიული გუთან-გამაფხვებებლის წონასწორობის პირობები	87
Т. Н. Гочиташвили — Исследование влияния бария на механические свойства и обрабатываемость кальцийсодержащих автоматных сталей	97
С. С. Месаркишвили — К вопросу оптимальной частоты вращения лопастновалковых дробилок	103
И. И. Жоржолани, А. К. Чантурия, М. К. Чачанидзе, А. М. Кечхошвили — Использование термальных вод для тепло- и холодоснабжения теплиц и фруктохранилищ	109
И. Ф. Робиташвили — Точность определения пространственных координат точек по проективно-преобразованным снимкам	115
И. Ф. Робиташвили, Р. И. Лордкипанидзе — Фотограмметрическая обработка снимков с учетом инструментальных ошибок	121



პ. შატერვაძე, ა. კახაიძე — ელექტრიფიცირებულის სახელმწიფო-სამეურნეო საწარმოთა ელექტრიფიკაცია	127
Д. В. Имиадзе, Т. Г. Чхеидзе, Дж. Ш. Хвадагадзе — Об опыте освоения машинного способа решения задач управления сельскохозяйственным производством	133
А. А. Вашакидзе — К вопросу электрической обработки почвы	145

Гидромелиорация — ჰიდრომელიორაცია

Б. М. Чиквашили, И. Д. Музаев — Вывод двумерных гидравлических уравнений в полярных координатах открытого турбулентного потока в приближении теории мелкой воды	153
Г. Е. Тугуши — Результаты глобальной экспериментальной проверки развитой классической теории поверхностного полива	159
А. Л. Сахвадзе — Экспериментальное исследование сопротивления движения сапропелевой массы в напорных трубопроводах	167
Н. С. Рижинашвили — Исследование влияния очертания входной оголовки напорного водосброса на гидродинамические характеристики водного потока	175
Г. Г. Омсарашвили — Экспериментальное исследование основных гидравлических параметров при капельном (парциальном) орошении	185
Н. В. Чхандзе — Об одном трансцендентном уравнении, возникающем в теории сельскохозяйственных машин	189
И. Г. Круашили — К вопросу определения коэффициента турбулентного обмена в наносесущем потоке	193
Г. Г. Омсарашвили, А. Л. Сахвадзе — Экспериментальное определение капиллярного потенциала и набухаемости почво-грунтов	199
Рефераты	203



ქართული
ენციკლოპედია

დედანი მომზადდა გამოსაცემად
სარედაქციო-საგამომცემლო განყოფილების მიერ
რედაქტორები: ვ. ბურიაკოვი, მ. დოლიძე, რ. ვაჩნაძე,
ე. ხარაზიშვილი, ნ. კერესელიძე

შვკ. 161L

უიე 14561

ტ. 500

ჰადაეცა წარმოებას 22. 09, 79, ხელმოწერილია დასაბეჭდად 27. 12, 79,
ანაწყობის ზომა 6×10, სასტამბო თაბახი 13,25,
საალრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 10,5,

ფასი 1 მან. 60 კაპ.

სსსი სტამბა, თბილისი—31, დილოში

Типография Груз. СХИ, Тбилиси-31, Дигომი.

ფასი 1 მან. 60 კპ.

4. 2.3. 4/42



ქართული
ბიბლიოთეკა