



ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 630.432.0

Ю.Т. Цай, С.Н. Орловский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО НОРМАТИВА ПИТАНИЯ НА ОДНОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРНОГО

Проанализированы нагрузки на лесных пожарных при выполнении работ по тушению очагов горения. Предложена методика определения среднесуточного рациона питания. Представлен проект нормативов питания лесных пожарных.

Ключевые слова: лесной пожар, тушение, работоспособность, питание, рацион, калорийность, оптимизация.

Yu.T. Tsay, S.N. Orlovsky

DETERMINATION OF THE DAILY NUTRITION NORM PER ONE FOREST FIREMAN

The load on the forest firemen in working on the active fire extinguishing is analyzed. The method of determining the average daily diet is offered. The draft of the nutrition norms for the forest firemen is presented.

Key words: forest fire, fire extinguishing, work capacity, nutrition, diet, calorie content, optimization.

Введение. Ежегодно в лесах Российской Федерации возникает десятки тысяч лесных пожаров, в тушении которых участвуют специалисты лесной охраны.

Работоспособность лесных пожарных и эффективность лесопожарных работ, особенно в условиях длительно действующих пожаров, в значительной степени определяются производственными факторами, в том числе организацией здорового сбалансированного питания.

Решение данной проблемы позволит обеспечить высокую работоспособность лесных пожарных в течение более длительного периода, эффективность лесопожарных работ, снижение горимости лесов и ущерба от лесных пожаров.

Цель работы. Оптимизация сбалансированного ассортимента продуктов питания для лесных пожарных.

Задачи: исследовать условия труда лесных пожарных, разработать методику определения калорийности их питания и разработать оптимальный рацион сухого пайка.

Питание оказывает существенное влияние на физическое состояние лесного пожарного и, следовательно, на его работоспособность. Питательные вещества нужны организму ежедневно, и потребность в них зависит от массы человека, возраста, пола, занятий, интенсивности работ, физиологических особенностей, климатических условий и других факторов. Организм человека нуждается в постоянном притоке питательных веществ (белков, жиров, углеводов, микроэлементов), необходимых для нормальной работы организма. Часть питательных веществ превращается в строительный материал для клеток, наибольшая же их часть затрачивается на образование необ-

ходимой жизненной энергии. Энергетическая ценность продуктов питания оценивается в килокалориях. При сгорании 1 г белка и 1 г углеводов образуется 4,1 ккал, а при сгорании 1 г жира – 9,3 ккал [1, 2]. Потребность человеческого организма зависит от энергетических потерь во время физической работы. Чем тяжелее мышечная работа, тем больше затрачивается энергии и тем больше калорий должен получить организм с пищей.

Условия труда рабочих, занятых на тушении лесных пожаров, характеризуются рядом особенностей, отличающихся от других видов трудовой деятельности. К этим особенностям можно отнести: воздействие на организм человека опасных факторов лесных пожаров и внешней среды (задымленность, угарный газ, углекислый газ, повышенная температура, открытое пламя пожара, искры, тепловое излучение, комары, клещи, мошка, нервно-психологические и физические перегрузки); неравномерность напряженности труда в отдельные периоды времени; удлинение рабочего дня при тушении лесных пожаров; большие физические нагрузки; дробление рабочего времени пожарного (утром, вечером и ночью); проживание и ночлег пожарных в лесу на полевом лагере; отдаленность работы от места проживания и другие особенности. Согласно классификации условий труда [3, 4], лесные пожарные по тяжести и интенсивности работ соответствуют 4-му классу. 4-й класс – опасные (экстремальные) условия труда, характеризуются такими условиями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или её части) создаёт угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжёлых форм острых профессиональных поражений. К ним относятся парашютисты-пожарные; десантники-пожарные; инструкторы парашютно-пожарных и десантно-пожарных групп; рабочие лесопожарных бригад; бригадиры лесопожарных бригад; трактористы-машинисты; водители по доставке людей, пожарного оборудования и огнетушащих материалов; руководители тушения пожара; рабочие, выполняющие работы по тушению лесных пожаров.

С целью определения оптимального суточного рациона питания исходные данные и условные обозначения представляются в форме, приведённой в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика оптимального суточного рациона питания лесных пожарных

Продукт (x_i – количество i -го продукта)	Количество усваиваемых веществ j -го вида в 100 г i -го продукта, г (a_{ij})			Энергетическая ценность, ккал (u_i)	Стоимость i -го продукта, руб. (c_i)
	Белки (a_{i1})	Жиры (a_{i2})	Углеводы (a_{i3})		
Хлеб пшеничный (x_1)	6,9 (a_{11})	0,4 (a_{12})	45,2 (a_{13})	217 (u_1)	1,35 (c_1)
...
Молоко сгущённое с сахаром (x_4)	6,8 (a_{41})	8,3 (a_{42})	53,5 (a_{43})	324 (u_4)	5,6 (c_4)
...
Макаронные изделия (x_i)	9,3 (a_{i1})	0,8 (a_{i2})	70,9 (a_{i3})	336 (u_i)	1,30 (c_i)
...

Помимо использованных в таблице введём дополнительные обозначения:

a_j – количество усваиваемых веществ j -го вида, которое необходимо в ежедневном рационе лесного пожарного ($j=1$ – белок; $j=2$ – жиры; $j=3$ – углеводы), г;

u^* – необходимая суточная энергетическая ценность продуктов питания, ккал.

Тогда суммарные затраты на питание одного пожарного в сутки равны

$$Z = \sum_{i=1}^n c_i x_i; \quad (1)$$

количество усваиваемых веществ j-го вида

$$A_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i; \quad (2)$$

количество потребляемых калорий

$$U = \sum_{i=1}^n u_i x_i. \quad (3)$$

Задача оптимизации может быть сформулирована как задача линейного программирования.

$$\text{Найти } \min_{x_i} \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (4)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \geq a_j \quad j=1,2,3; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n u_i x_i \geq u^*; \quad (6)$$

$$x_i \geq 0. \quad (7)$$

Основные требования к питанию: суточная энергетическая ценность продуктов питания на одного лесного пожарного составляет 5500 ккал; соотношение белков, жиров и углеводов по массе – 1:1,2:4,6; питание разнообразное, т.е. кроме белков, жиров и углеводов должны быть включены микроэлементы и витамины (поливитамины «Компливит», «Ундевит» и др.); 4-разовое питание: 1-й завтрак – 10–15 %, 2-й завтрак – 25–30 %, обед – 40–45 %, ужин – 15–20 % от суточной энергетической ценности 5500 ккал.

В соответствии с основными требованиями к питанию введены дополнения к постановке задачи оптимизации суточного рациона, т.е:

а) количество a_j не определять заранее, а пользоваться их соотношением 1:1,2:4,6. Для этого определим необходимое долевое участие усваиваемых веществ a'_j

$$\text{белки: } a'_1 = \frac{1}{1+1,2+4,6} = 0,147; \text{ жиры: } a'_2 = \frac{1,2}{1+1,2+4,6} = 0,176;$$

$$\text{углеводы: } a'_3 = \frac{4,6}{1+1,2+4,6} = 0,677.$$

$$\text{Тогда } a_j = a'_j \sum_{i,j} a_{ij} x_i = a'_j \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 a_{ij} x_i.$$

И ограничения (5) записываются в виде

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \geq a'_j \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 a_{ij} x_i, \quad j=1,2,3 \quad (8)$$

$$\text{или } \sum_{i=1}^n \left(a_{ij} - a'_j \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_i \geq 0. \quad (9)$$

С целью подготовки исходной информации к конкретным расчетам необходимо определить

коэффициенты $a_{ij}^* = a_{ij} - a_j' \sum_{j=1}^3 a_{ij}$.

Это означает, что нужно значения, приведенные в таблице 1 (столбцы чисел 1, 2, 3), заменить следующим образом.

В первом столбце (белки)

$$a_{i1}^* = a_{i1} - 0,147(a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}). \quad (10)$$

Во втором столбце (жиры)

$$a_{i2}^* = a_{i2} - 0,176(a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}) \quad (11)$$

В третьем столбце (углеводы)

$$a_{i3}^* = a_{i3} - 0,677(a_{i1} + a_{i2} + a_{i3}). \quad (12)$$

Например $a_{11} = 5,1$ (см. табл. 1)

Тогда $a_{11}^* = 5,1 - 0,147(5,1 + 1,0 + 42,5) = -0,2442$.

Аналогично рассчитываются все другие значения a_{ij}^* (по формулам (10), (11), (12));

б) ограничения по энергетической ценности в расчёте на 4-разовое питание:

– можно u^* разбить на 4 составляющих: $u_1^* + u_2^* + u_3^* + u_4^*$,

где $u_1^*: u_2^*: u_3^*: u_4^* = 0,15:0,25:0,40:0,20$.

В качестве u^* можно принять установленную по результатам экспериментальных исследований и из литературных источников величину $u^* = 5500$ ккал, тогда $u_1^* = 0,15 \cdot 5500 = 825$; $u_2^* = 0,25 \cdot 5500 = 1375$; $u_3^* = 0,4 \cdot 5500 = 2200$;

$u_4^* = 0,2 \cdot 5500 = 1100$.

В этом случае ограничение (6) заменяется четырьмя неравенствами, каждое из которых соответствует одному приёму пищи.

Чтобы записать эти ограничения, нужно перейти от переменных x_i к новым переменным x_{ik} – количество i -го продукта, употребляемого в k -й приём пищи ($k=1$ – первый завтрак; $k=2$ – второй завтрак; $k=3$ – обед; $k=4$ – ужин).

Таким образом, ограничения по энергетической ценности рациона имеют вид

$$\sum_{i=1}^n u_i x_{ik} \geq u_k^*, k=1,2,3,4. \quad (13)$$

В связи с переходом к новым переменным требуется внести изменения в (4) и (9).

$$\text{Найти } \min_{x_{ik}} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 c_i x_{ik} \quad (14)$$

при ограничениях:

$$1) \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 \left(a_{i1} - 0,147 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0 \quad (\text{по белкам});$$

$$2) \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 \left(a_{i2} - 0,176 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0 \quad (\text{по жирам});$$

$$3) \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 \left(a_{i3} - 0,677 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \right) x_{ik} \geq 0 \quad (\text{по углеводам});$$

$$4) \sum_{i=1}^n u_i x_{i1} \geq 825 \quad (\text{по энергетической ценности 1-го завтрака});$$

- 5) $\sum_{i=1}^n u_i x_{i2} \geq 1375$ (по энергетической ценности 2-го завтрака);
- 6) $\sum_{i=1}^n u_i x_{i3} \geq 2200$ (по энергетической ценности обеда);
- 7) $\sum_{i=1}^n u_i x_{i4} \geq 1100$ (по энергетической ценности ужина).

Таким образом, имеем линейную целевую функцию и систему линейных ограничений. Данная задача решена на компьютере с помощью симплекс-метода, который реализован в пакете программ «STATGRAF».

При этом были рассчитаны суточные нормы питания на одного лесного пожарного. Суточные нормы питания и калорийность на одного лесного пожарного представлены в таблице 2.

При использовании сухого пайка необходимо включить в состав его специальные обработанные продукты, не требующие кулинарной обработки, и дополнительные биологически активные вещества. Сухой паёк предназначается для индивидуального использования и должен удовлетворять следующим требованиям: быть пригодным для употребления без какой бы то ни было обработки; по составу соответствовать привычной пище пожарного; содержать минимальное количество воды; иметь защитную воздухо- и влагонепроницаемую упаковку; каждая затаренная единица должна соответствовать одному приему пищи или одному блюду; пищевая и энергетическая ценность сухого пайка должна обеспечивать покрытие среднесуточных энергозатрат; биологическая полноценность сухого пайка должна обеспечиваться за счет сохранения в нем природных биологических свойств продуктов, а также дополнительного включения комплекса биологически активных веществ (витамины, микроэлементы и др.).

Таблица 2

Нормативы суточного рациона питания лесных пожарных

Продукт	Кол-во на 1 чел. в сутки, г	Кол-во усваиваемых веществ, г			Кол-во калорий, ккал
		белки	жиры	углеводы	
1	2	3	4	5	6
Мясо тушеное (говядина тушеная, свинина тушеная, мясо в белом соусе и др.)	340	51	68	1,2	851,5
Колбаса сырокопченая (сало)*	100	20,4	37,4	-	431
Консервы рыбные в масле	125	3,75	58,3	1,4	156,3
Масло сливочное (топленое)*	80	0,64	39,1	0,3	695
Сыр 50%-й жирности	50	9,0	12,0	1,3	189,5
Крупа (гречка, рис, овсянка и др.) или Макароны изделия или Картофель, овощи	150 150 300	10,0 14,0 5,1	1,4 1,2 -	109,2 106,4 60,0	501 504 258
Молоко сгущенное с сахаром	80	5,44	6,64	42,8	259,2
Карамель с начинкой	20	-	-	20	60
Сахар-рафинад, песок	50	-	-	49,9	200
Хлеб пшеничный	500	31,7	2,3	253,3	1085
Сухари пшеничные (галеты, пряники)	100	10,5	1,2	68,5	335
Лук репчатый (чеснок, специи)	50	1,0	-	3,5	21,2
Соль пищевая	20	-	-	-	-
Чай «Майский» и др.	20	-	-	3,0	12,0

1	2	3	4	5	6
Какао-порошок с молоком и сахаром	20	3,6	3,0	2,7	89,5
Кетчуп «Ассорти»	50	0,4	-	1,6	8,20
Соки плодовые и ягодные	200	0,6	220мл калия	24,0	120
Шоколад*	50	3,5	20,0	22,1	275
Фрукты свежие или изюм, курага и др.*	200	0,6	-	23,0	115,5
	50	2,4	-	35,5	
Поливитамины «Компливит», «Унде- вит» и др.	1 шт.	Витамины А,В,С,Е и др. микроэлементы			
Итого	2130	153	250	633,4	5405

*Продукты могут быть заменены по желанию работающих на равноценные.

В условиях повышенных температур для работающих важно сохранить водный баланс организма. В процессе теплоотдачи, которая происходит главным образом в виде потоотделения, терморегуляция организма значительно ухудшается, что приводит к большим потерям воды и минеральных солей. При неблагоприятных условиях потеря жидкости организмом может достичь 8–10 дм³ за смену, в т.ч. 60 г поваренной соли. Следует знать, что при увеличении интенсивности потери воды организмом восполнение потерь сокращается, при потере воды 20 г/ч восполнение происходит на 95 %, при 500 г/ч – на 75 %, при 750 г/ч – на 50 %. Потеря же 2 % жидкости (1,5 л) для человека массой в 70 кг соответствует потере работоспособности на 20 %, 4 % – 40 %, 10 % – может привести к летальному исходу, так как обеднение организма водой вызывает сгущение крови, нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, питания тканей и органов. Соблюдение рационального питьевого режима является важным условием обеспечения выносливости лесных пожарных. Количество выпиваемой жидкости зависит от метеоусловий на рабочем месте и индивидуальных особенностей человека. Для здорового человека в климатических условиях средней полосы оно должно составлять 2–2,5 л, а при повышенной температуре окружающей среды – до 3,5 л. При механизированном и тяжёлом труде в жару (от +39 – 40 °С и выше) количество потребляемой жидкости увеличивается до 6–8 л в сутки; при менее высокой – до 4 л. При выполнении тяжёлой физической работы чувство жажды притупляется, и трудно определить потерю воды организмом, поэтому рекомендуется пить воду во время работы до появления чувства жажды. Чувство утоления жажды обычно наступает через 10–15 мин после приёма жидкости, поэтому в условиях повышенных температур, при усиленном потоотделении, утолять жажду лучше несколькими глотками воды (150–200 г) с кратковременными промежутками (10–15 мин). При индивидуальном режиме потребления жидкости следует руководствоваться общим самочувствием, работоспособностью и степенью нагретости кожи. Если кожа сухая и тёплая – необходимо увеличить приём жидкости; если пот течёт по телу каплями – надо пить меньше; если кожа под одеждой влажная и сухая – режим питья можно считать правильным. Питьевая вода должна иметь температуру не выше +20°С и не ниже +7°С, оптимальной считается температура воды от +8°С до +12°С. Тем, кто сильно потеет и испытывает постоянную жажду, можно до завтрака съесть 5–10 г соли и запить её водой до полного утоления жажды, однако избыточное потребление соли также вредно. При напряженной физической работе в условиях повышенной температуры окружающей среды резко повышается потребность в витамине С, источником которого являются овощи, ягоды, фрукты, поэтому более эффективной для утоления жажды является подкисленная вода с добавлением органических кислот (лимонной, клюквенной), можно употреблять минеральную воду для полоскания рта.

На основании изложенного можно заключить, что работающие на тушении лесных пожаров в течение суток затрачивают энергии от 21500 до 22900 кДж (от 5100 до 5500 ккал). В связи с этим суточные нормы питания и калорийность продуктов рассчитаны из средних энергозатрат лесных пожарных на выполнение различных видов лесопожарных работ. Предложенные нормативы питания лесных пожарных сбалансированы, т.е. составлен такой рацион, когда соотношение белков,

жиров и углеводов по граммам следующее: 1 : 1,2 : 4,6. В рацион питания лесных пожарных включены разнообразные продукты, включающие белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, микроэлементы и витамины в соответствующих сочетаниях и количествах.

Выводы. В условиях тушения лесных пожаров обоснованным и физически выгодным считается 4-разовое питание, которое создает равномерную нагрузку на органы пищеварения и обеспечивает наиболее полную ферментативную её обработку. Суточное распределение рациона рекомендуется следующее: 1-й завтрак – 10–15 %; 2-й завтрак – 25–30 %; обед – 40–45%; ужин – 15–20 %. Распределение питания по времени должно осуществляться в зависимости от конкретных условий, но в определенные промежутки времени. При тяжелом труде количество потребляемой жидкости на одного лесного пожарного составляет 6–8 л в сутки.

Проект нормативов питания лесных пожарных прошёл производственную проверку в региональных авиабазах и отправлен для утверждения в Агентство лесного хозяйства Российской Федерации.

Литература

1. Головина И.А. Снижение веса: метод. рекомендации. – Красноярск, 1999. – 21 с.
2. Коломийцев Ф.М. Профилактика преждевременной старости. – М.: Медицина, 1964. – 98 с.
3. Классификация основных видов работ и профессий по степени вредности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса в лесном хозяйстве – М., 1997. – 140 с.
4. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М.: Агрохим, 2000. – 162 с.



УДК 681.323

Н.В. Титовская, С.Н. Титовский

ОРГАНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ СТАБИЛИЗАТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Изложены результаты исследований применимости микроконтроллеров в управлении импульсными стабилизаторами напряжения.

Ключевые слова: микроконтроллер, импульсный стабилизатор напряжения, управление.

N.V. Titovskaya, S.N. Titovsky

ORGANIZATION OF THE PULSE VOLTAGE STABILIZER CONTROL UNIT ON THE MICRO-CONTROLLER BASE

The research results of the micro-controller applicability in the control of the pulse voltage stabilizers are presented.

Key words: micro-controller, pulse voltage stabilizer, control.

Введение. В настоящее время применению цифрового контура управления в импульсных стабилизаторах напряжения (ИСН) уделяется пристальное внимание, так как он исключает температурный и временной дрейф параметров схемы, свойственный аналоговым устройствам. В опубликованных к настоящему времени материалах [1–3] приводятся схемы стабилизаторов с микроконтроллерными устройствами управления различного назначения, но, к сожалению, в них отсутствуют сведения о возможной частоте работы стабилизатора, оказывающей значительное влияние на параметры стабилизатора в целом.

Цель исследования. Оценка применимости микроконтроллеров в управлении импульсным