

BRAUWELT

мир пива



FACHVERLAG HANS CARL GmbH
BRAU
Beviale 2004
Please visit us in
hall 1, stand 201/300

5'04



посетите нас на
BRAU Beviale 2004
в зале 7, стенд 108.

Естественная стабильность и блеск для Вашего пива.

Мы обладаем пятым элементом.

В течение нескольких десятилетий имя "Стабификс" носит элемент, который придает превосходному пиву стойкость и блеск. Мы изобрели способ белково-коллоидной стабилизации кизельгелем и с тех пор постоянно совершенствуем его. Сегодня нашим продуктам, которые отвечают всем технологическим и техническим требованиям, доверяют более 1000 пивоваренных заводов на всех континентах. Являясь Вашим партнером, мы не только обеспечиваем Вас средствами стабилизации, но и предлагаем профессиональные консультации по их применению, используя наше ноу-хау, признанное во всем мире. Наши специалисты всегда в Вашем распоряжении. В любое время. www.stabifix.com



Моделирование процесса пропагации ЧКД

Ч. Кайтуков, Москва

В настоящей статье специалистам предлагается с помощью современных методов математического анализа и данных, полученных из лаборатории при анализе конкретного штамма применяемого именно на этом предприятии и использовании для пропагации сусла полученного на этом предприятии и имеющего естественно отличающийся от других предприятий состав, построить модели позволяющие оценить какое количество клеток в пропагаторе следует ожидать при пропагации на той или иной установке в определенный момент времени, и соответственно оценить необходимую вместимость пропагатора зная потребность предприятия в ЧКД.

Все современные установки для пропагации ЧКД, несмотря на все многообразие фирм изготовителей, можно разделить на три типа:

- Двухаппаратные ЧКД с периодической технологией пропагации;
- Двухаппаратные ЧКД с полунепрерывной технологией пропагации;
- Одноаппаратные ЧКД.

Двухаппаратные ЧКД с периодической технологией пропагации

Установка состоит из двух пропагаторов с рабочим объемом, к примеру 80 и 20 гл, каждый из которых имеет возможность стерилизации паром, к каждому подведен как охлаждающий агент так и пар (рис. 1). Пропагация с использованием данной схемы происходит по следующим этапам:

- После мойки и стерилизации паром маленький пропагатор заполняется суслом в количестве 20 гл;
- Сусло стерилизуется под давлением, затем охлаждается и аэрируется до содержания кислорода в сусле 9 мг/л;
- В маленький пропагатор задается посевная доза ЧКД 50 л из колбы Карлсберга и начинается пропагация с периодической аэрацией воздухом;
- Большой пропагатор и подводные технологические трубопроводы моются и стерилизуются;
- В большой пропагатор задается 60 гл сусла;
- Сусло стерилизуется под давлением, затем охлаждается и аэрируется до содержания кислорода в сусле 9 мг/л;

В настоящее время при решении пивовара того или иного пивоваренного завода обзавестись современной установкой для пропагации ЧКД перед ним встает проблема выбора, при этом в конкурентной борьбе производителей установок каждый из них умудряется достаточно красиво и эффектно презентовать именно свою установку. В результате подчас выбор оказывается неудачным и основанным больше на чутье пивовара и данных приводимых агентом пытающимся продать свою установку. При этом во внимание в основном принимается опыт других заводов имеющих такие установки и часто совсем не принимается во внимание специфические условия присущие только этому предприятию.

- Когда количество дрожжевых клеток в маленьком пропагаторе достигнет концентрации примерно в 60 млн клеток/мл все его содержимое перекачивается в большой;
- Маленький пропагатор снова моется и стерилизуется;
- Когда количество дрожжевых клеток в большом пропагаторе достигнет требуемой величины, которая на современных пивоваренных предприятиях может колебаться в пределах от 80 млн клеток/мл до 120 млн клеток/мл, 20 гл выращенной ЧКД перекачивается в меньший пропагатор, а 60 гл подается в бродильное отделение;
- Большой пропагатор моется и стерилизуется после чего в него вновь задают 60 гл сусла;
- Вся операция повторяется, используя посевную дозу имеющуюся в меньшем пропагаторе.

Математическая модель процесса периодической технологии пропагации ЧКД

Для определения начальной концентрации клеток в пропагаторе воспользуемся формулой:

$$N_o = \frac{V_k X_o}{V_{pl} + V_k} \quad (1)$$

где $V_k = 50$ л – количество ЧКД задаваемое из колбы Карлсберга в пропагатор;

$X_o = 60$ млн. клеток/мл – концентрация клеток ЧКД задаваемой в пропагатор из колбы Карлсберга;

$V_{pl} = 60$ л – количество сусла, задаваемое в пропагатор при первой задаче;

Тогда начальная концентрация клеток в пропагаторе составит:

$$N_o = \frac{60}{11}$$

Согласно известной зависимости можно определить количество клеток в пропагаторе в определенный момент времени, зная удельную скорость роста

$$N = N_o e^{(\mu t)} \text{ млн. клеток/мл} \quad (2)$$

где N клеток/мл – концентрация клеток в данный момент времени;

t , ч – время от начала пропагации;

μ , ч⁻¹ – удельная скорость роста

Удельная же скорость роста легко определяется зная продолжительность генерации, то есть время за которое количество клеток удваивается, данного штамма дрожжей при данной температуре.

$$\mu = \frac{\ln(2)}{tg} \quad (3)$$

где tg , ч – время удвоения или продолжительность генерации;

Согласно Мангеру продолжительность генерации при 20°C составляет

$$tg = 5.0 \text{ ч.}$$

Тогда подставив уравнения 1 и 3 в 2 получим уравнение размножения ЧКД при пропагации для данного штамма при данной температуре:

$$N_o = \frac{60}{11} e^{(0.2000000000 \ln(2)t)} \quad (4)$$

Построим график роста количества ЧКД по времени согласно формуле (4):

Данный график характеризует рост количества клеток в пропагаторе при пропагации ЧКД учитывая только log-фазу процесса размножения, однако известно что при начале пропагации дрожжи находятся на lag-фазе, продолжительность которой зависит как от температуры пропагации, так и от соотношения вносимого

Автор: Кайтуков Чермен Михайлович, Москва

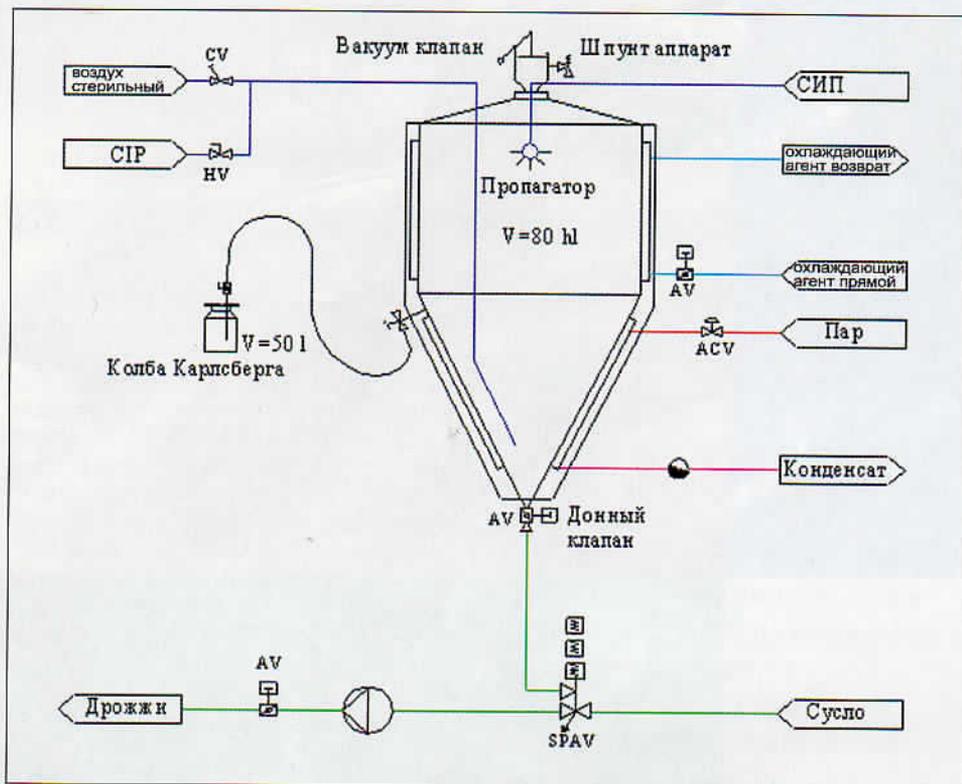


Рис. 1 Двухаппаратная установка для пропагации ЧКД периодическим способом

посевного материала (клеток ЧКД) к количеству суслу в пропагаторе.

То есть формула для определения количества клеток ЧКД при пропагации с учетом lag-фазы примет вид:

$$N_s = N_0 e^{\mu(t-t_l)} \quad (5)$$

где t_l , ч – продолжительность lag-фазы; согласно данным, полученным на производстве, а так же учитывая данные исследований Вакербауера и остальных, при пропагации ЧКД штамма Hebrü и штамма RH, продолжительность lag-фазы при 20°C и начальной концентрации клеток 1–2 млн. клеток/мл можно принять равной $t_l = 16$ ч.

Тогда построим график роста количества ЧКД во времени с учетом lag-фазы согласно формуле (5):

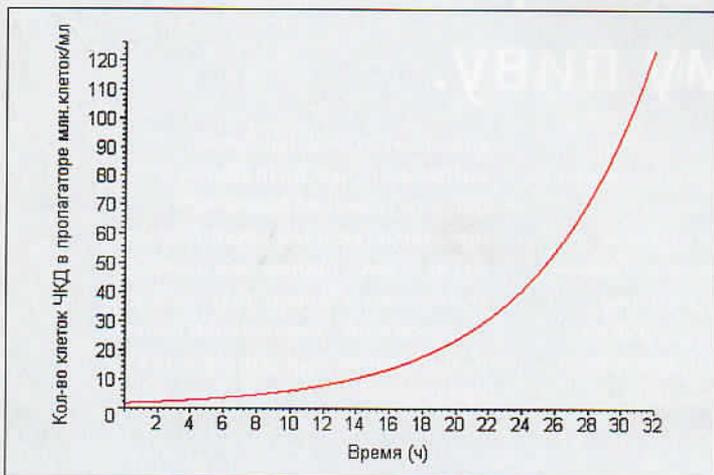


Рис. 2. График роста количества ЧКД по времени

Однако так как во время lag-фазы роста количества дрожжей не наблюдается, то, следовательно, существует переходный процесс, который описывается соответствующей процедурой и которая более корректно будет описывать процесс размножения дрожжевых клеток при пропагации:

M: = proc (a, b)

```
if type (a, numeric) and
type (b, numeric) then if a < N0 then
b else a end if else 'procname' (a,b)
end if
```

end proc (6)

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом lag-фазы согласно процедуре (6) при условии $a = N_s$, $b = N_0$:

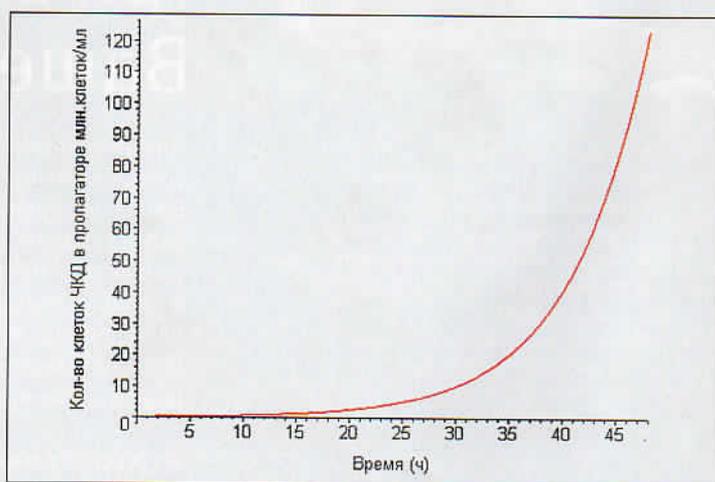


Рис. 3. График роста количества ЧКД по времени

Согласно технологии, при периодическом способе пропагации ЧКД сусло с дрожжевыми клетками при достижении необходимой концентрации X_1 перекачивается из меньшего пропагатора в больший, где уже находится определенное количество простерилизованного и охлажденного суслу V_{p2}

$X_1 = 75$ млн. клеток/мл – концентрация клеток ЧКД в пропагаторе при второй задаче суслу;

$V_{p2} = 6000$ л – количество суслу, задаваемое в пропагаторе при второй задаче;

Тогда концентрация клеток в пропагаторе при второй задаче суслу определится по формуле:

$$N_1 = \frac{(V_k + V_{p1}) X_1}{V_{p1} + V_{p2} + V_k} \quad (7)$$

$$N_1 = \frac{3075}{161} \text{ млн. клеток/мл}$$

При второй задаче суслу клетки снова испытывают «шок» и переходят из lag-фазы в lag-фазу при этом продолжительность lag-фазы t_{l1} гораздо меньше $t_{l1} = 3$ ч:

Тогда концентрация клеток в момент времени t после второй задачи суслу с учетом lag-фазы определится по формуле:

$$N_{s1} = N_1 e^{\mu(t-t_l-t_{l1})} \quad (8)$$

где t_s ч – продолжительность пропагации ЧКД до второй задачи суслу.

Это время можно определить согласно формуле:

$$t_s = \frac{t_g \ln(X_1 / N_0)}{\ln(2)} \quad (9)$$

$$t_s = \frac{5.0 \ln(205/4)}{\ln(2)}$$

Тогда:

$$N_{s1} = \frac{3075}{161} e^{(0.2000000000 \ln(2) (t-19) \frac{5.0 \ln(205/4)}{\ln(2)})} \quad (10)$$

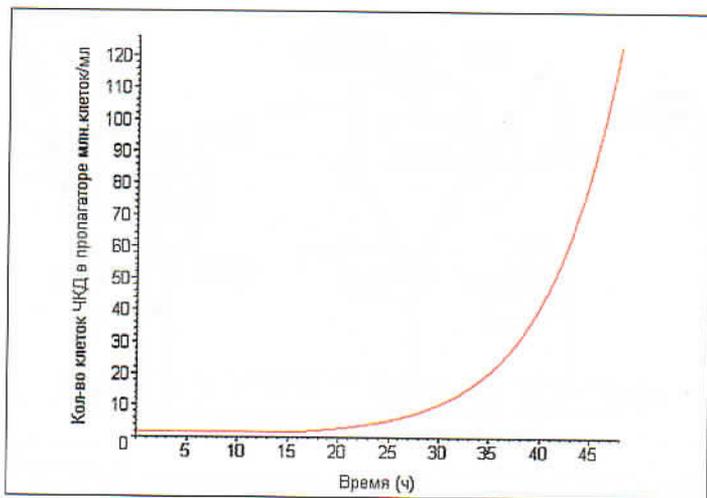


Рис. 4. График роста количества ЧКД по времени

С учетом переходных процессов функция для описания процесса пропалагации ЧКД периодическим способом будет иметь вид процедуры:

```

M1 : = proc (a, b, c, d)
  if type (a, numeric) and
  type (b, numeric) and
  type (c, numeric) and
  type (d, numeric) then
    if a < No then b
    else a < X1 then a else if d < c then c else d end if end if
  else 'procname' (a, b, c, d)
  end if
end proc
(11)

```

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом lag-фазы при пропалагации ЧКД периодическим способом согласно процедуре (11) при условии $a = N_s$, $b = N_o$, $c = N_j$, $d = N_{sj}$:

Определим концентрацию в момент времени равный 60 часам с начала процесса пропалагации: из графика видно, что концентрация клеток в пропалагаторе при $t=60$ ч должна быть 109,6 млн. клеток/мл.

Двухаппаратные ЧКД с полунепрерывной технологией пропалагации

Установка состоит из двух аппаратов с рабочим объемом, к примеру, 80 и 40 гл, больший из которых является пропалагатором и оснащен рубашкой охлаждения и устройством для аэрации (рис. 2). В

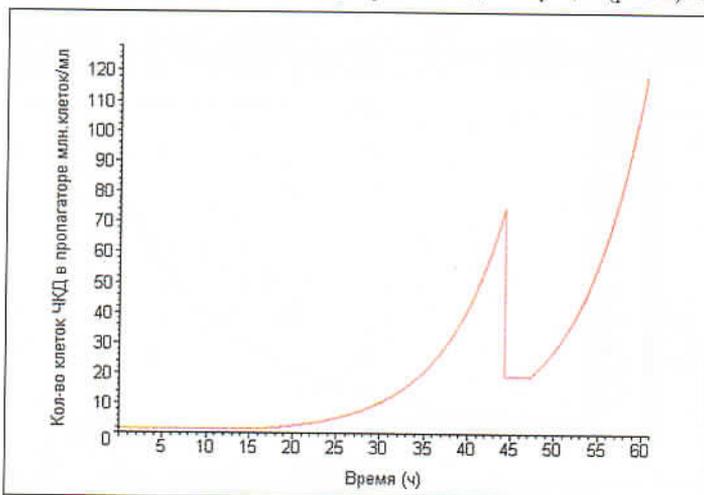
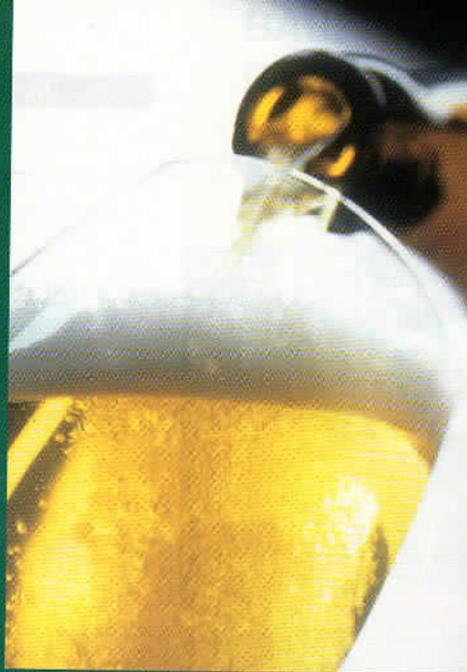


Рис. 5. График роста количества ЧКД по времени



Производство высококачественного пива подчиняется строгим законам, в том числе закону тяготения.

Надежность процесса и сокращение расходов производства - две причины почему пивоваренные заводы всего мира предпочитают работать на наших сепараторах и декантерах. Увеличение эффективности и экономия производственного времени значительно повысят Ваши доходы.

Широкие возможности применения нашего оборудования, помноженные на столетний опыт фирмы, привлекательны и для производителей других напитков.

Take the Best - Separate the Rest

Посетите нас на выставке
 BRAU Beviale
 Нюрнберг, Германия
 10.11-12.11.2004
 Зал 6, Стенд 6-125

GEA Westfalia Separator
 Food Tec

Westfalia Separator Food Tec GmbH
 Werner-Habig-Straße 1 · 59302 Oelde (Germany)
 Tel.: +49 25 22/77 - 0 · Fax: +49 25 22/77 - 20 89
 www.westfalia-separator.com
 E-mail: foodtec@gea-westfalia.de

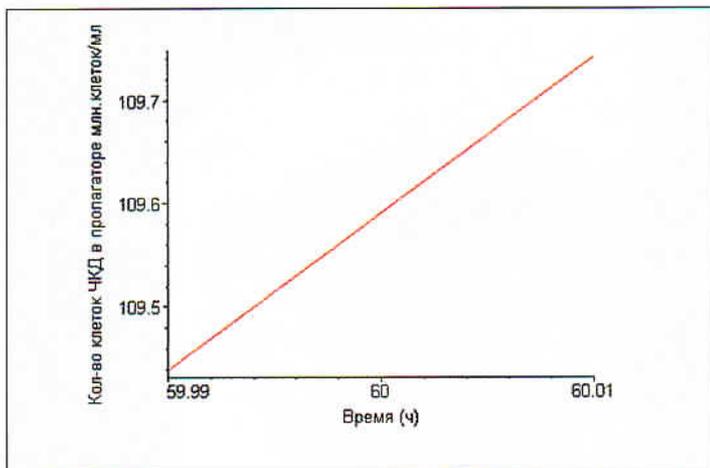


Рис. 6. График роста количества ЧКД по времени

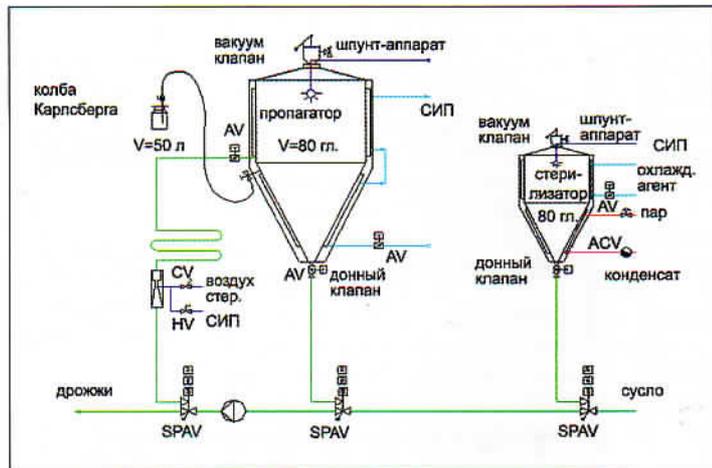


Рис. 7. Двух аппаратная установка для пропагации ЧКД полунепрерывным способом

нем и происходит весь процесс размножения ЧКД.

Меньший аппарат выполняет функцию стерилизатора и оснащен как паровой, так и охлаждающей рубашкой.

Пропагация с использованием данной схемы происходит по следующим этапам:

- После мойки и стерилизации паром стерилизатор заполняется суслим 5 гл, сусли стерилизуется под давлением затем охлаждается;
- Пропагатор и подводящие трубы моются и стерилизуются, после чего в него перекачивается стерилизованное сусли 5 гл из стерилизатора;
- В пропегатор задается посевная доза ЧКД 50 л из колбы Карлсберга и начинается пропагация;
- В стерилизатор вновь задается сусли в количестве 35 гл, сусли стерилизуется под давлением и охлаждается;
- Труба, подводящая сусли к пропегатору моется и стерилизуется и когда количество дрожжевых клеток в пропегаторе достигнет требуемой величины, стерилизованное сусли 35 гл из стерилизатора перекачивается в пропегатор;
- В стерилизатор в третий раз задается сусли в количестве 40 гл, сусли стерилизуется под давлением и охлаждается;

- Труба, подводящая сусли к пропегатору моется и стерилизуется и когда количество дрожжевых клеток в пропегаторе достигнет требуемой величины, стерилизованное сусли 40 гл из стерилизатора перекачивается в пропегатор;
- Когда количество дрожжевых клеток в пропегаторе достигнет требуемой величины (80–120 млн. клеток/мл), 75 гл выращенной ЧКД подается в бродильное отделение, а 5 гл ЧКД оставляется в пропегаторе;
- Дальнейшая пропагация ведется отъемно – доливным способом, при котором в пропегатор периодически добавляется сусли из стерилизатора, при этом посевная доза сохраняется в самом пропегаторе.

Математическая модель процесса полунепрерывной технологии пропагации ЧКД

Для определения начальной концентрации клеток в пропегаторе воспользуемся формулой:

$$N_0 = \frac{V_k X_0}{V_{pl} + V_k} \quad (1) \quad \mu = \frac{\ln(2)}{tg} \quad (3)$$

где $V_k = 50$ л – количество ЧКД задаваемое из колбы Карлсберга в пропегатор;
 $X_0 = 60$ млн. клеток/мл – концентрация клеток ЧКД задаваемой в пропегатор из колбы Карлсберга;

$V_{pl} = 60$ л – количество сусли, задаваемое в пропегатор при первой задаче;

Тогда начальная концентрация клеток в пропегаторе составит:

$$N_0 = \frac{60}{11} \text{ млн. клеток/мл}$$

Согласно известной зависимости можно определить количество клеток в пропегаторе в определенный момент времени, зная удельную скорость роста

$$N = N_0 e^{(\mu t)} \quad (2)$$

где N клеток/мл – концентрация клеток в данный момент времени;

t , ч – время от начала пропагации;

μ , ч⁻¹ – удельная скорость роста

Удельная же скорость роста легко определяется зная продолжительность генерации, то есть время за которое количество клеток удваивается, данного штамма дрожжей при данной температуре.

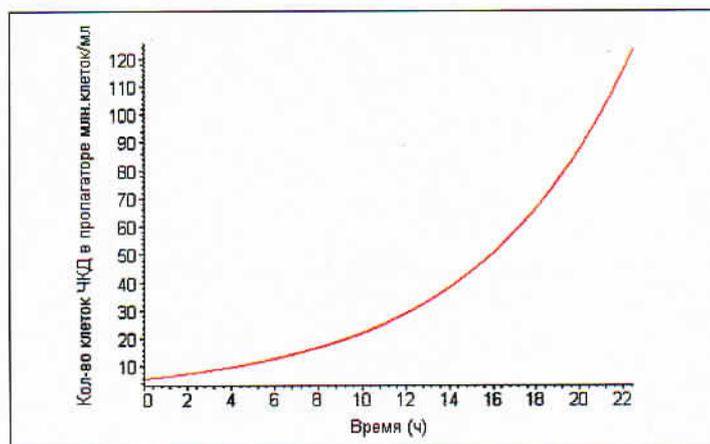


Рис. 8. График роста количества ЧКД по времени

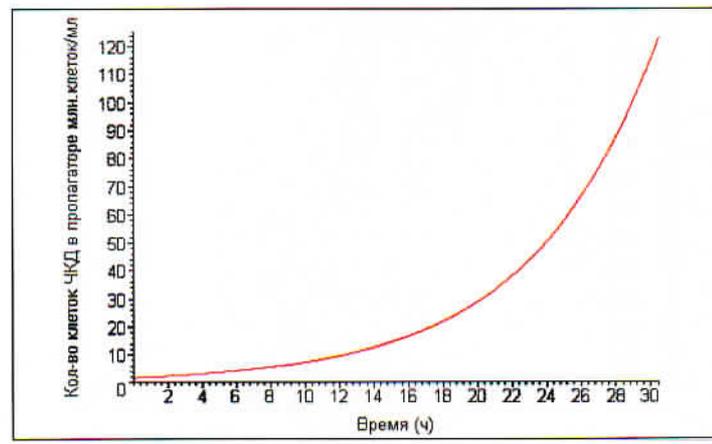


Рис. 9. График роста количества ЧКД по времени

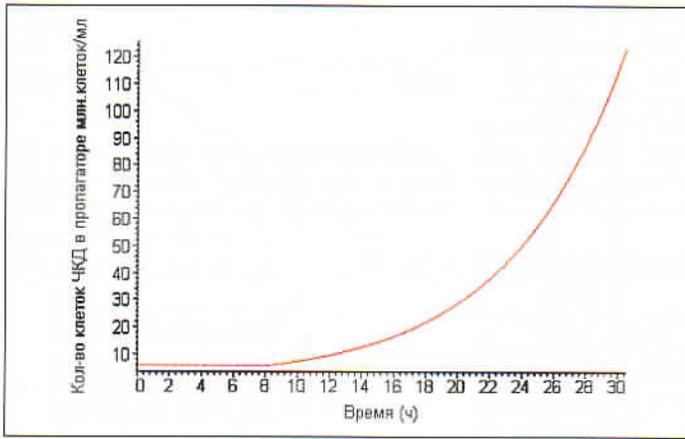


Рис. 10.
График роста количества ЧКД по времени

где t_g , ч – время удвоения или продолжительность генерации;

Согласно Мангеру продолжительность генерации при 20°C составляет $t_g = 5.0$ ч.

Тогда подставив уравнения 1 и 3 в 2 получим уравнение размножения ЧКД при пропегации для данного штамма при данной температуре:

$$N_o = \frac{60}{11} e^{(0.2000000000 \ln(2)t)} \quad (4)$$

Построим график роста количества ЧКД по времени согласно формуле (4):

Данный график характеризует рост количества клеток в пропегаторе при пропегации ЧКД учитывая только лаг-фазу процесса размножения, однако известно что при начале пропегации дрожжи находятся на лаг-фазе, продолжительность которой зависит как от температуры пропегации, так и от соотношения вносимого посевного материала (клеток ЧКД) к количеству сула в пропегаторе.

То есть формула для определения количества клеток ЧКД при пропегации с учетом лаг-фазы примет вид:

$$N_s = N_o e^{(a(t-t_l))} \quad (5)$$

где t_l ч – продолжительность лаг-фазы; согласно данным, полученным на производстве, а так же учитывая данные исследований Вакербауера и остальных, при пропегации ЧКД штамма Hebrü и штамма RH, продолжительность лаг-фазы при 20°C и начальной концентрации клеток 5–6 млн. клеток/мл можно принять равной $t_l = 8$ ч.

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом лаг-фазы согласно формуле (5):

Однако так как во время лаг-фазы роста количества дрожжей не наблюдается, то, следовательно, существует переходный процесс, который описывается соответствующей процедурой, и которая более корректно будет описывать процесс размножения дрожжевых клеток при пропегации:

```

M: = proc (a, b)
  if type (a, numeric) and
  type (b, numeric) then if a < No then
  b else a end if else 'procname' (a,b)
  end if
end proc
    
```

(6)

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом лаг-фазы согласно процедуре (6) при условии $a = N_s$, $b = N_o$:

Согласно технологии, при полунепрерывном способе пропегации ЧКД, при достижении необходимой концентрации клеток в пропегаторе X_1 в пропегатор задается еще одна порция простерилизованного и охлажденного сула V_{p2} и затем при достижении концентрации дрожжевых клеток X_2 в пропегатор задается третья порция сула V_{p3} :

$X_1 = 70$ млн. клеток/мл – концентрация клеток ЧКД в пропегаторе при второй задаче сула;

$V_{p2} = 3500$ л – количество сула, задаваемое в пропегатор при второй задаче;

$X_2 = 80$ млн. клеток/мл – концентрация клеток ЧКД в пропегаторе при третьей задаче сула;

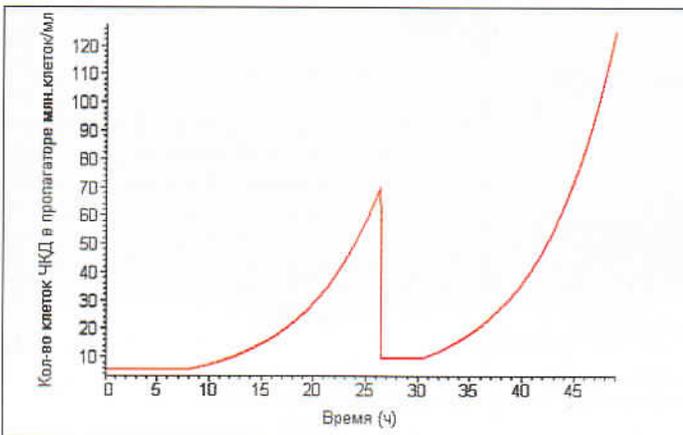


Рис. 11.
График роста количества ЧКД по времени

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЁР В ЭТИКЕТИРОВАНИИ ВАШЕЙ ПРОДУКЦИИ



Этикетавтоматы

- Нанесение этикеток холодным или горячим клеем, самоклеющиеся этикетки
- Разнообразные виды этикетирования для все видов и форм бутылок
- Возможность комбинирования на одной машине различных систем этикетирования и видов этикеток
- Небольшие габаритные размеры
- Применение высококачественных современных материалов
- Собственное изготовление комплектующих и оригинальных узлов, механизмов
- Применение новейших систем обеспечения техники безопасности
- Гарантированный сервис, ремонт и быстрая доставка запасных частей
- Оптимальное соотношение цены, качества и производительности
- Компетентность и профессионализм при проведении переговоров
- Независимость руководства при принятии решений



GERNEP

ETIKETTIERTECHNIK
LABELLING SYSTEMS

Benzstr. 6 • 93092 Barbing • Германия

Телефон: +49 (0) 94 01 / 92 13 - 0

Факс: +49 (0) 94 01 / 92 13 - 29

www.gernep.de • e-mail: info@gernep.de

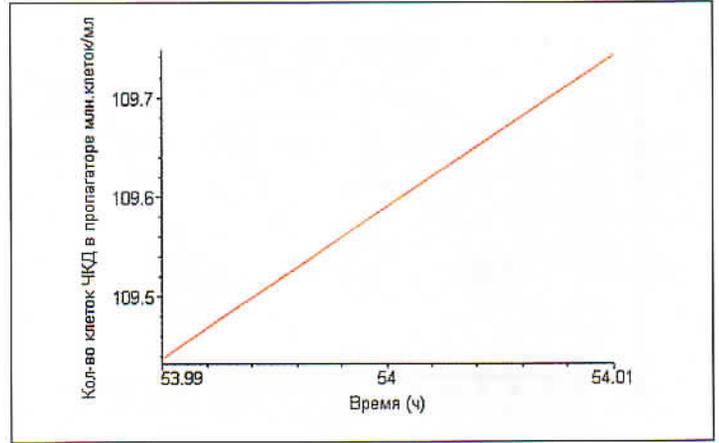
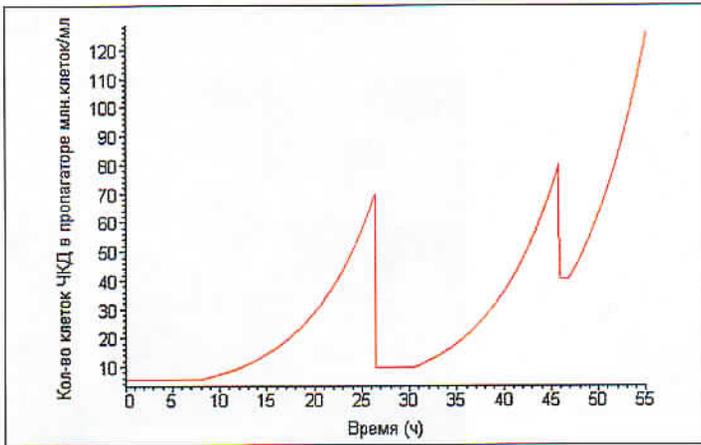


Рис. 12. График роста количества ЧКД по времени

Рис. 13. График роста количества ЧКД по времени

$V_{p3} = 4000$ л – количество сусла, задаваемое в пропегаторе при третьей задаче;

Тогда концентрация клеток в пропегаторе при второй задаче сусла определится по формуле:

$$N_1 = \frac{(V_k + V_{p1}) X_1}{V_{p1} + V_{p2} + V_k} \quad (7)$$

$$N_1 = \frac{770}{81} \text{ млн. клеток/мл}$$

При второй задаче сусла клетки снова испытывают «шок» и переходят из log-фазы в lag-фазу при этом продолжительность lag-фазы tl_1 гораздо меньше $tl_1 = 4$ ч:

Тогда концентрация клеток в момент времени t после второй задачи сусла с учетом lag-фазы определится по формуле:

$$N_{s1} = N_1 e^{\mu(t - tl_1 - ts)} \quad (8)$$

где ts , ч – продолжительность пропегации ЧКД до второй задачи сусла.

Это время можно определить согласно формуле:

$$ts = \frac{tg \ln(X_1 / N_0)}{\ln(2)} \quad (9)$$

$$ts = \frac{5.0 \ln(77/6)}{\ln(2)}$$

Тогда:

$$N_{s1} = \frac{770}{81} e^{(0.2000000000 \ln(2) (t - 11 - \frac{5.0 \ln(77/6)}{\ln(2)})} \quad (10)$$

С учетом переходных процессов функция для описания процесса пропегации ЧКД полунепрерывным способом до третьей задачи сусла будет иметь вид процедуры:

```

M1 := proc (a, b, c, d)
  if type (a, numeric) and
  type (b, numeric) and
  type (c, numeric) and
  type (d, numeric) then
    if a < N0 then b
    else a < X1 then a else if d < c
    then c else d end if end if end if
  else 'procname' (a, b, c, d)
  end if
end proc
    
```

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом lag-фазы при пропегации ЧКД полунепрерывным способом до третьей задачи сусла согласно процедуре (11) при условии $a = N_s$, $b = N_0$, $c = N_1$, $d = N_{s1}$:

При третьей задаче сусла концентрация клеток в пропегаторе определится по формуле:

$$N_2 = \frac{(V_k + V_{p1} + V_{p2}) X_2}{V_{p1} + V_{p2} + V_k + V_{p3}} \quad (12)$$

$$N_2 = \frac{6480}{161} \text{ млн. клеток/мл}$$

При третьей задаче сусла клетки снова испытывают «шок» и переходят из log-фазы в lag-фазу при этом продолжительность lag-фазы tl_2 еще меньше $tl_2 = 2$ ч.

Тогда концентрация клеток в момент времени t после третьей задачи сусла с учетом lag-фазы определится по формуле:

$$N_{s2} = N_2 e^{\mu(t - tl_1 - ts - tl_2 - ts)} \quad (13)$$

где ts_1 , ч – продолжительность пропегации ЧКД до третьей задачи сусла.

Это время можно определить согласно формуле:

$$ts = \frac{tg \ln(X_2 / N_1)}{\ln(2)} \quad (14)$$

$$ts = \frac{5.0 \ln(648/77)}{\ln(2)}$$

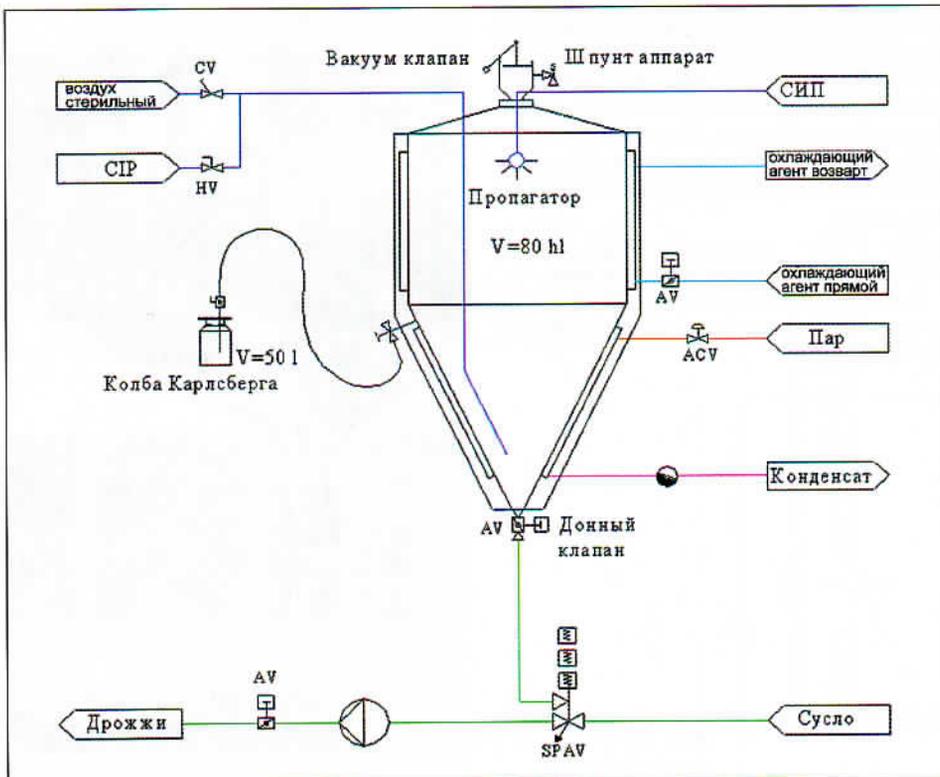


Рис.14. Одноаппаратная установка для пропегации ЧКД

Тогда:

$$N_{s2} = \frac{6480}{161} e^{(0,200000000 \ln(2) (t-15) \cdot \frac{5,0 \ln(776) - 5,0 \ln(64877)}{\ln(2)})} \quad (15)$$

С учетом переходных процессов функция для описания процесса пропации ЧКД полунепрерывным способом будет иметь вид процедуры:

```

MI := proc (a, b, c, d, e, f)
  if type (a, numeric) and
  type (b, numeric) and
  type (c, numeric) and
  type (d, numeric) and
  type (e, numeric) and
  type (f, numeric) then
    if a < b then b
    else
      if a < X1 then a
      else
        if d < c then c
        else d < X2 then d else if
        f < e then e else f end if
        end if
      end if
    end if
  end if
  else 'procname' (a, b, c, d, e, f)
  end if
end proc
    
```

(16)

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом lag-фазы при

пропации ЧКД полунепрерывным способом согласно процедуре (16) при условии $a = Ns$, $b = No$, $c = NI$, $d = NsI$, $e = N2$, $f = Ns2$:

Определим концентрацию в момент времени равный 54 часам с начала процесса пропации: из графика видно, что концентрация клеток в пропаторе при $t=54$ ч должна быть 109,6 млн. клеток/мл.

Одноаппаратные ЧКД

Данная машинно – аппаратная схема пропации ЧКД в последнее время получает все большее и большее распространение, в основном из-за относительно невысокой стоимости капитальных затрат.

Установка состоит из цилиндрического пропатора с рабочим объемом, к примеру, 80 гл., который оборудован рубашками как паровой для стерилизации сула в пропаторе, так и охлаждающей – для последующего охлаждения сула до необходимой температуры и поддержания требуемой температуры во время процесса пропации ЧКД (рис. 3).

Снабжение дрожжей необходимым количеством кислорода чаще всего осуществляется через форсунку введенную в коническую часть аппарата, причем за счет прохождения воздуха снизу вверх обеспечивается перемешивание дрожжевой суспензии.

Пропагация с использованием данной схемы осуществляется по следующим этапам:

- После мойки и стерилизации паром пропатор заполняется сулом в полном объеме – 80 гл.;
- Суло стерилизуется и охлаждается до требуемой температуры;
- В пропатор задается посевная доза ЧКД – 50 л. из колбы Карлсберга и начинается пропация;
- Когда количество дрожжевых клеток в пропаторе достигнет требуемой величины, все содержимое пропатора – 80 гл. подается в бройдильное отделение;
- Весь процесс повторяется заново.

Математическая модель процесса пропации при использовании одно-аппаратной установки

Для определения начальной концентрации клеток в пропаторе воспользуемся формулой:

$$N_o = \frac{V_k X_o}{V_{pl} + V_k} \quad (1)$$

где $V_k = 50$ л – количество ЧКД задаваемое из колбы Карлсберга в пропатор;

$X_o = 60$ млн. клеток/мл – концентрация клеток ЧКД задаваемой в пропатор из колбы Карлсберга;

$V_{pl} = 8000$ л – количество сула, задаваемое в пропатор при первой задаче;

Тогда начальная концентрация клеток в пропаторе составит:

$$N_o = \frac{60}{161} \text{ млн. клеток/мл}$$

Наслаждение автоматизацией ...



Посетите нас!
BRAU Нюрнберг
 10.-12.11.2004 г.
 Павильон 4, стенд 313/414

Новая техника автоматического регулирования и защиты LOOS позволит Вам заниматься только своими основными задачами. Системы управления котлами и установками от ЗУ обеспечивают максимально возможную степень автоматизации. Невероятная прозрачность режимных параметров, интегрированные функции защиты от неправильных манипуляций и подготовка к дистанционному обслуживанию все это гарантирует надежную и легкую до невозможности работу котла.

LOOS – поставщик «номер один» простой в обслуживании котельной техники

LOOS
INTERNATIONAL
 The Boiler Company
 ... будущее с качеством

отопительные котлы • водогрейные котлы • паровые котлы

Loos Deutschland GmbH • D-91710 Gunzenhausen
 тел. 0049/98 31/56-253 • факс 56-922 53 • www.loos-int.com • sales@loos-int.com

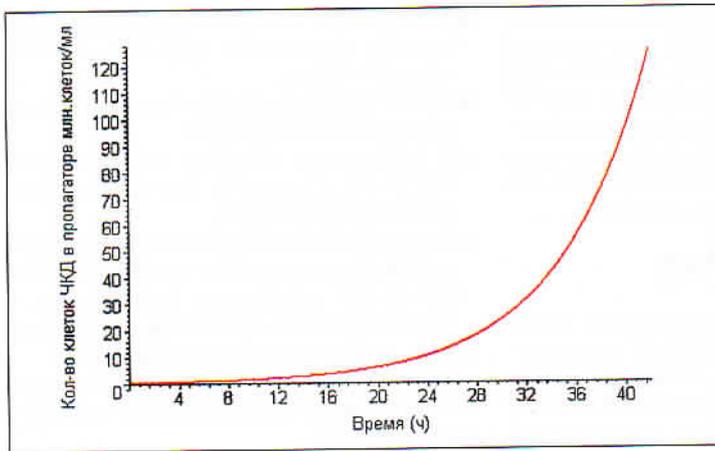


Рис. 15. График роста количества ЧКД по времени

Согласно известной зависимости можно определить количество клеток в пропаторе в определенный момент времени, зная удельную скорость роста

$$N = N_0 e^{\mu t} \quad (2)$$

где N клеток/мл – концентрация клеток в данный момент времени;

t , ч – время от начала пропагации;

μ , ч⁻¹ – удельная скорость роста

Удельная же скорость роста легко определяется зная продолжительность генерации, то есть время за которое количество клеток удваивается, данного штамма дрожжей при данной температуре.

$$\mu = \frac{\ln(2)}{tg} \quad (3)$$

где tg , ч – время удвоения или продолжительность генерации;

Согласно Мангеру продолжительность генерации при 20°C составляет ч.

Тогда подставив уравнения 1 и 3 в 2 получим уравнение размножения ЧКД при пропагации для данного штамма при данной температуре:

$$N_0 = \frac{60}{161} e^{(1/5 \ln(2)t)} \quad (4)$$

Построим график роста количества ЧКД по времени согласно формуле (4):

Данный график характеризует рост количества клеток в пропаторе при пропагации ЧКД учитывая только lag-

фазу процесса размножения, однако известно что при начале пропагации дрожжи находятся на lag-фазе, продолжительность которой зависит как от температуры пропагации, так и от соотношения вносимого посевного материала (клеток ЧКД) к количеству суслу в пропаторе.

То есть формула для определения количества клеток ЧКД при пропагации с учетом lag-фазы примет вид:

$$N_s = N_0 e^{\mu(t-t_l)} \quad (5)$$

где t_l , ч – продолжительность lag-фазы; согласно данным, полученным на производстве, а так же учитывая данные исследований Вакербауера и остальных, при пропагации ЧКД штамма Nebg и штамма RH, продолжительность lag-фазы при 20°C и начальной концентрации клеток 0,1–0,6 млн. клеток/мл можно принять равной $t_l = 25$ ч.

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом lag-фазы согласно формуле (5):

Однако так как во время lag-фазы роста количества дрожжей не наблюдается, то, следовательно, существует переходный процесс, который описывается соответствующей процедурой, и которая более корректно будет описывать процесс размножения дрожжевых клеток при пропагации:

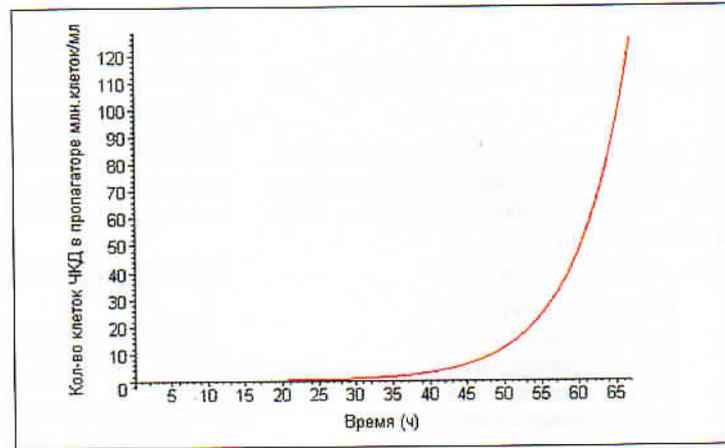


Рис. 16. График роста количества ЧКД по времени

M: = proc (a, b)

```
if type (a, numeric) and
type (b, numeric) then if a < No then
b else a end if else 'procname' (a, b)
end if
```

end proc (6)

Тогда построим график роста количества ЧКД по времени с учетом lag-фазы согласно процедуре (6) при условии $a = N_s$, $b = N_0$:

Определим концентрацию в момент времени равный 66 часам с начала процесса пропагации: из графика видно, что концентрация клеток в пропаторе при $t = 66$ ч должна быть 109,6 млн. клеток/мл.

Для использования данных «программных» моделей пропагации ЧКД на пивоваренном заводе необходимо предварительно для данного конкретного штамма дрожжей, используемого на предприятии, при конкретных условиях пропагации (состав суслу, температура и т.д.), определить продолжительность генерации tg , продолжительность lag-фазы при первой задаче суслу t_l , продолжительность lag-фазы при второй задаче суслу t_{l1} и продолжительность lag-фазы при третьей задаче суслу t_{l2} . Имея эти данные и используя данные программные модели можно достаточно точно теоретически рассчитать какая концентрация клеток будет в пропаторе в определенный момент времени в зависимости от предлагаемой технологии пропагации.

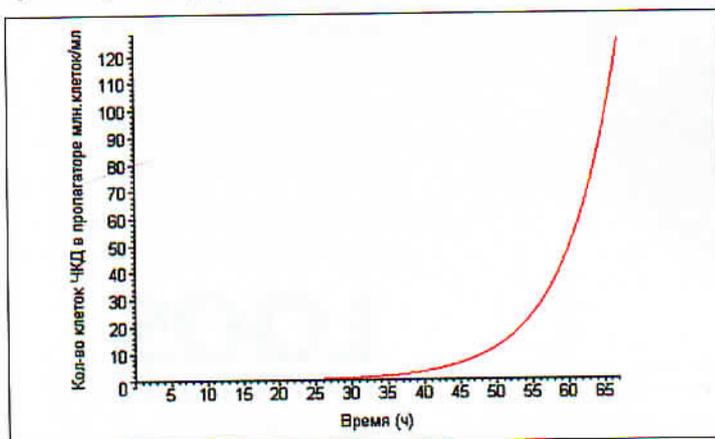


Рис. 17. График роста количества ЧКД по времени

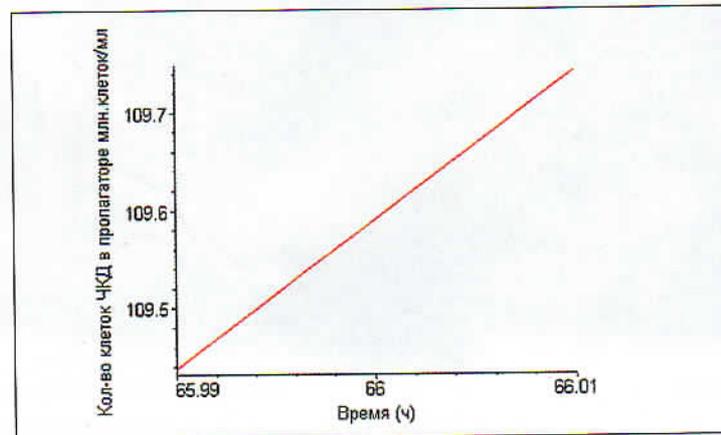


Рис. 18. График роста количества ЧКД по времени